

明 細 書

半導体型3軸加速度センサ

技術分野

- [0001] 本発明は、自動車、航空機、家電製品、ゲーム機、ロボット、セキュリティーシステム等に使用される半導体型の3軸加速度センサに関するものである。

背景技術

- [0002] ピエゾ抵抗型3軸加速度センサの構造について説明する。図14に、特許文献1に記載されている加速度センサの分解斜視図を示す。加速度センサ1は、センサ素子2が保護ケース3に接着剤で固定され、保護ケース蓋4が保護ケース3に接着剤で固定されている。センサ素子のセンサ端子6と保護ケースのケース端子7はワイヤー5で接続され、外部端子8からセンサ素子2の出力が外部に取り出される。
- [0003] 従来のピエゾ抵抗型3軸加速度センサに用いられているセンサ素子について説明する。以下、特に断わりの無い限り説明を判り易くするため、同じ部品、部位には同一の符号を用いている。図15(A)および図15(B)に、特許文献2に記載されているセンサ素子2の平面模式図とピエゾ抵抗素子の配置を示す。図15では、ピエゾ抵抗素子の配置が判り易くなるように、ピエゾ抵抗素子間やセンサ端子を繋ぐ金属配線やセンサ端子の記載を省略している。シリコン単結晶基板の厚肉部から成る錘11とそれを取り囲むように配された支持枠10と、錘11および支持枠10とを接続するシリコン単結晶基板の薄肉部より成る2対の互いに直交する梁状の可撓腕12と可撓腕上の2つの直交する方向(XとY)及び可撓腕に垂直な方向(Z)に対応するように設けられたピエゾ抵抗素子、図15では、X軸ピエゾ抵抗素子14とY軸ピエゾ抵抗素子15、Z軸ピエゾ抵抗素子16とから構成される。また、可撓腕12はシリコン単結晶基板の薄肉部に貫通穴13を設けることによって梁形状となっており、変形しやすく、高感度化に適した構造となっている。また、X軸とY軸では出力検出原理、結線方法およびピエゾ抵抗素子の配置が同じであり、それぞれ他方の軸と入れ替えることができる。以降、特に断りの無い限り図面の横方向の可撓腕をX軸、X軸に設けられたピエゾ抵抗素子をX軸ピエゾ抵抗素子14とし、Z軸ピエゾ抵抗素子16はX軸ピエゾ抵抗素子14と

同じ可撓腕に設けられているとして説明する。なお、図15(B)は図15(A)の部分拡大図である。

- [0004] センサ素子の加速度検出感度(出力)を上げるには、可撓腕12の長さを長く、可撓腕の幅を小さく、厚みを薄く、錘11の重量を重くし、可撓腕が僅かな外力で大きく変形するようにする。可撓腕の変形量を効率良く、各軸のピエゾ抵抗素子の抵抗変化として取り出すため、各軸のピエゾ抵抗素子の端は最大応力部である可撓腕の接続端17に合わせて配置している。可撓腕の接続端17は支持棒と可撓腕、あるいは錘と可撓腕の接続部であり、外力で撓む可撓腕と外力が加わっても撓まず動かない支持棒あるいは錘との境界であり、可撓腕に加わる最大の応力点となる。X軸ピエゾ抵抗素子14とZ軸ピエゾ抵抗素子16とは同じ可撓腕に配置しているため、可撓腕の幅中心線に関して対称に、Y軸ピエゾ抵抗素子15は幅中心線上に配置することが多い。各軸のピエゾ抵抗素子を幅中心線に関して対称に配することで、ピエゾ抵抗素子間を繋ぐ金属配線の設計や製作が容易になる。
- [0005] モバイル機器等に搭載される加速度センサでは、要求される検出加速度は数Gレベルであるが、モバイル機器の落下時に3000G近い衝撃が加速度センサに加わっても、センサ素子が壊れないことが重要である。センサ素子の加速度検出感度を上げるには可撓腕を撓みやすく、耐衝撃性を上げるには可撓腕の機械的強度を上げて、変形を少なくすると言う、相反する要求を満たす必要がある。
- [0006] 耐衝撃性を上げるためにZ軸方向の動きを規制する構成が特許文献3に記載されている。それは、図16に断面図で示すように、センサ素子の上下に規制板18, 19を所定の間隔 $g1$ 、 $g2$ を開けて固定している。加速度センサに衝撃が加わったとき、可撓腕12が破損するような変形をする前に、錘11が規制板18, 19に接触し可撓腕の破損を防ぐ。Z軸方向の動き量は $g1$ 、 $g2$ の値以内に規制される。X、Y軸方向の動き量の規制は、錘の角が規制板19と接触して規制する。可撓腕の捻れ方により錘11の角が規制板19と接触するまでに動く量が異なってくるため、X、Y軸方向に最適な $g2$ を設定するのは難しい点があるが、耐衝撃性を上げる構成としては有効である。
- [0007] また、センサ素子の錘等の一部を他の部位に接触させて可撓腕の動きを規制する構成が、特許文献4に記載されている。特許文献4に開示されたセンサ素子2を図17

に斜視図で示す。基本的には先に説明した図15のセンサ素子と同じ構成であるが、錘11に花卉状に補助錘22を設けている。X, Y軸方向に衝撃が加わったとき、可撓腕12が破損するような変形をする前に、補助錘22の側面が支持棒10の側壁と接触し、可撓腕の破損を防ぐ。補助錘22が加わっているために、錘全体の質量が増しセンサ素子の加速度検出感度(出力)を上げるには好都合であるが、それだけ可撓腕が破損し易くなる。特に、補助錘22を追加しただけでは、Z軸方向の過剰な動きは止めることが出来ないので、特許文献3にあるような規制板を併用する必要がある。

[0008] 特許文献3と4に開示されている耐衝撃性を向上した構成は、可撓腕の機械的強度そのものを上げるものではない。特許文献5に可撓腕の機械的強度を上げた構成として、可撓腕12と支持棒10、あるいは可撓腕12と錘11との接合部に湾曲部を設けた構造が開示されている。図18(A)に平面図、図18(B)に図18(A)の18B-18B線での断面を示す斜視図、図18(C)に他の実施平面図を示す。図18(A)、図18(B)は、可撓腕12の厚み方向に湾曲部24を設けた構造を示しており、図18(C)は可撓腕12の平面方向に湾曲部25を設けた構造を示している。湾曲部24, 25を設け湾曲部分に加わる応力を、湾曲部分全体に一様に分散させることで、可撓腕12の機械的強度を向上させている。図18では、応力を検知するのに、歪ゲージ23を用いているが、歪ゲージ23と湾曲部24, 25の位置関係等に付いて何ら触れられていない。

[0009] 特許文献5と同様に、可撓腕の平面方向に湾曲部(形状変化部26)を設け、ピエゾ抵抗素子との位置関係等もより明確にした加速度センサが、特許文献6に示されている。その加速度センサの平面図および19B-19B断面図をそれぞれ図19(A)と図19(B)に示す。錘11を支えている可撓腕12と支持棒10とを形状変化部26を介して繋ぐことで、可撓腕12と形状変化部26との境界に最大応力部を出現させ、その部位にピエゾ抵抗素子27を配している。可撓腕と支持棒との間に形状変化部を介させることで、支持棒と形状変化部との境界の応力を下げて、耐衝撃性を改善している。可撓腕12と形状変化部26との境界に最大応力部があることから、形状変化部は外力が加わっても撓まず動かない部分として扱っている。特許文献2では撓む部分が可撓腕、撓まない部分が支持棒、特許文献6では撓む部分が可撓腕、撓まない部分が形状変化部と支持棒なので、最大応力部の位置やそれに伴うピエゾ抵抗素子の

配置が同じであることが理解できる。

[0010] 先行技術文献で開示されている耐衝撃性を向上した加速度センサ構造を上で説明した。しかし、これらの構成でも耐衝撃性の向上策としては一長一短がある。特許文献3にあるように規制板を設けた構成では、部品として規制板を追加する必要があるのと、規制板を精度良く組立てる必要がある。規制板を入れることで、加速度センサの薄型化が難しくなる。特許文献4の構成では、錘の厚み分にあたる厚いシリコン基板で、補助錘と支持棒との僅かな間隔を精度良く製作することが難しいことは容易に理解できる。特許文献6の構成では、最大応力部にピエゾ抵抗素子を配することで、出力を最大限引出すようにしているが、形状変化部を撓まない部分としているため、センサ素子の外寸や支持棒の幅が同じであれば可撓腕の長さを実質的に短くしてしまい、出力の絶対値を下げてしまっていることになる。出力の絶対値を戻すには、センサ素子の外寸を大きくする必要があり、小型化が難しくなっていた。

[0011] 3軸の加速度センサでは、各軸の出力値のバランスをとる必要がある。軸間の出力に大きな差があると、異なった増幅率を持った増幅器を各軸毎に準備する必要が生じコスト高になる。また、回路面積が大きくなり小型化への障害となることがある。X軸（Y軸）とZ軸との出力の差が特に問題となっている。図20に、錘の厚みとX軸とZ軸との出力の関係を示す。錘の厚さに対しZ軸は一次関数的に、X軸は二次関数的に出力が変化する。略800 μ m厚でX軸とZ軸の出力が略同じとなる。しかし、半導体製造等で使用されるシリコン単結晶基板は、625 μ m厚以下が主流であり略800 μ m厚の基板は、価格や納期の点で不利である。また、センサ素子の薄型化は必須の流れであり、薄型化により益々X軸とZ軸の出力差は大きくなる。

特許文献1:特開2004-184081号公報

特許文献2:特開2003-279592号公報

特許文献3:特開平4-274005号公報

特許文献4:特開2002-296293号公報

特許文献5:特開昭64-18063号公報

特許文献6:特開平8-29446号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0012] 本発明の目的は、耐衝撃性が高く、X軸とY軸、Z軸の出力の差が小さく、小型で高感度、高出力の半導体型3軸加速度センサを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0013] 本発明の半導体型3軸加速度センサは、
中央にあって、外部からの加速度がかかる錘と、
錘を支持するための支持枠と、
錘と支持枠との間で、両端にある2つの接続端(可撓腕の両端にある接続端それぞれを以下「第一の接続端」ということがある)のそれぞれにおいて錘上面と支持枠上面とを連結している少なくとも1つの薄肉梁状の可撓腕と、
可撓腕上面上で可撓腕上面に沿って可撓腕長さ方向に並べて設けられ、加速度の3軸成分のうち各軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子と、
可撓腕上面上で前記複数のピエゾ抵抗素子端の間を接続している配線とを有する。
そして、可撓腕は、両端にそれぞれ接続端(可撓平行部の両端にある接続端それぞれを以下「第二の接続端」ということがある)を有し実質的に一様な幅を持っている可撓平行部と、可撓平行部の第二の接続端の1つと支持枠／錘との第一の接続端との間を連結するとともに、可撓平行部の第二の接続端から第一の接続端に向かって幅が次第に広がっている2つの可撓幅広部とからなっている。可撓腕上面上に設けられた複数のピエゾ抵抗素子のそれぞれはその可撓腕の第一の接続端から離れて配置されているとともに、加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は第二の接続端を跨いで可撓幅広部から可撓平行部に亘って延びている。
- [0014] 本発明の上で述べた半導体型3軸加速度センサにおいて、可撓腕は、可撓幅広部にその可撓腕の最大応力部を持ち、外部からかかった加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々はピエゾ抵抗素子の一端を可撓幅広部上の最大応力部に位置しており、最大応力部から第二の接続端を跨いで可撓平行部に亘って延びていることが好ましい。
- [0015] 本発明の半導体型3軸加速度センサでは、錘上面と支持枠上面と可撓腕上面とが

実質的に同一平面となっていて、その平面内にX軸とY軸とを持つ直交座標系では、Z軸がその平面に垂直となっているとすることができる。その直交座標系を用いると、加速度の3軸成分とは外部から加速度センサにかかる加速度のX軸方向成分(X軸成分)、Y軸方向成分(Y軸成分)および、Z軸方向成分(Z軸成分)とを意味する。

[0016] 本発明の半導体型3軸加速度センサは、具体的には、中央にある錘からX軸方向に延びている2つの可撓腕とY軸方向に延びている2つの可撓腕とを持つことができる。

[0017] 本発明では薄肉梁状の可撓腕が可撓幅広部と可撓平行部とから構成されている。すなわち、可撓幅広部は可撓腕の一部である。前述した特許文献6では、本発明の可撓幅広部に相当する形状変化部は支持枠もしくは錘の一部としている。特許文献6には詳細な形状変化部の寸法、形状の記載は無いが、外力で撓まない十分な機械的強度を持った構造とする必要があることが判る。本発明における可撓幅広部は可撓腕の一部なので、外力で撓むことが必要なため可撓腕の破損が起こらない最小限の大きさにすることが好ましい。

[0018] 特許文献2や6の従来センサ素子では錘に外力が加わった時の最大応力部は、撓まない部分と可撓腕との境界にあるため、可撓腕の端にピエゾ抵抗素子の一端を一致させてピエゾ抵抗素子を可撓腕上に配置することにより最大の検出感度(出力)を得ていた。本発明のように可撓腕が可撓幅広部と可撓平行部とを有する構造では、可撓幅広部が可撓性を有するために可撓幅広部長さ内に最大応力部ができる。可撓幅広部長さ内に生じる最大応力部の位置(可撓腕端もしくは可撓平行部端から最大応力部までの距離)は、可撓腕接続端の幅や可撓腕の稜線の形状で異なってくる。また、可撓幅広部の形状に応じて、最大応力部から可撓腕接続端側での応力の変化度合と可撓平行部端側での応力の変化度合は大きく異なる。そのため、最大応力部にピエゾ抵抗素子の一端を一致させ配置することが好ましい。最大応力部を跨いでピエゾ抵抗素子を配した場合には、ピエゾ抵抗素子は支持枠／錘の上面にその一部が設けられることがあり、外力によって可撓腕が変形しても、支持枠／錘の上面にはみ出したピエゾ抵抗素子は、抵抗変化を起こさないで、ピエゾ抵抗素子の出力ばらつきの原因となる。最大応力部にピエゾ抵抗素子の一端を一致させて配置す

ることで、1つのセンサ素子内の軸間でのピエゾ抵抗素子の抵抗変化量のばらつきが小さくなり、センサ素子の設計も容易になる。

- [0019] 本発明のセンサ素子では、可撓幅広部長さ内に最大応力部があり、最大応力部にピエゾ抵抗素子の一端を一致させて可撓腕上面上に配置させるため、可撓腕接続端から離れて可撓腕上面上にピエゾ抵抗素子の両端が位置する。
- [0020] 本発明の半導体型3軸加速度センサは、可撓幅広部はその上面の両側端に連続した曲線もしくは直線からなる稜線を持ち、両側端の稜線は可撓腕の幅中心線に関して互いに対称となっていることが好ましい。
- [0021] 可撓幅広部の形状により最大応力部の位置が変わるが、可撓幅広部の形状は可撓腕接続端の端点と可撓平行部接続端の端点とを繋ぐ稜線で決まる。可撓幅広部は加速度がかかって撓むが、可撓平行部に比べれば撓み度合いは少ない。そのため、可撓幅広部長さを極力小さくすることで効果的に働く可撓腕の長さを確保し、出力を得ることが好ましい。相反する要求になるが可撓腕接続端での強度を確保するためには、可撓腕接続端の幅を大きくすることが好ましい。これらの要求から、可撓幅広部形状は、可撓平行部接続端の端点から可撓腕接続端の端点まで連続した直線もしくは曲線からなる稜線を側端に持ち、稜線が曲線の場合その曲率は可撓平行部接続端近傍での変化が少なく可撓腕接続端近傍で急激に変化することが望ましい。具体的なイメージとしては裾野に当る可撓腕接続端での幅が大きく、標高に当る可撓幅広部長さは小さな山形状が好ましく、釣鐘形の様に可撓平行部との接続端近傍まで可撓幅広部の幅が可撓腕接続端の幅のままで維持されるような形状は、最大応力部が可撓腕接続端の近くになるので好ましくない。可撓腕接続端の端点と可撓平行部接続端の端点とを結ぶ稜線が可撓腕接続端とで成す角度が45度以内であることが好ましい。
- [0022] 可撓幅広部形状は、耐衝撃性が得られれば支持枠側と錘側とで互いに変えてそれぞれ最適な形状とすることができる。しかし、形状設計やフォトリソ、エッチング等の製造面から支持枠側と錘側との可撓幅広部の形状は同じにすることが好ましい。
- [0023] 可撓腕を可撓平行部と可撓幅広部とで構成することで、センサ素子の出力の低下を最小限に抑え、機械強度を上げることが出来る。センサ素子の耐衝撃性をより確実

に得るために、センサ素子に規制板を組み合わせてすることがより好ましい。規制板は、ガラス、セラミックあるいはIC基板を用いることができる。

- [0024] 本発明の半導体型3軸加速度センサでは、可撓幅広部の第一の接続端(可撓腕接続端)のところの幅 $W1$ に対する可撓平行部の幅 $W2$ の比 $W2/W1$ が0.2以上0.6以下であることが好ましい。
- [0025] 可撓平行部の幅 $W2$ を可撓腕接続端のところの幅 $W1$ で除した値は、可撓幅広部の広がり比率を示している。 $W2/W1$ の値が、大きくなると可撓腕に対する可撓腕接続端近傍での幅広部の広がり方が小さくなり、耐衝撃性は劣るが、出力の低下は小さくなる。 $W2/W1$ が0.2未満では出力の低下が著しく、また0.6を越えると耐衝撃性の改善効果が得難くなる。
- [0026] 本発明の半導体型3軸加速度センサは、可撓腕の全長 $L0$ に対する可撓平行部長 $L2$ の比 $L2/L0$ が0.4以上0.9以下であることが好ましい。
- [0027] 可撓平行部長 $L2$ を可撓腕全長 $L0$ で除した値は、可撓腕全長に対する可撓幅広部を除いた長さの比率を示している。小さくなると可撓腕に占める可撓幅広部の割合が大きくなり、耐衝撃性は改善されるが、出力の低下が大きくなる。 $L2/L0$ が0.4未満では出力の低下が著しく、また0.9を超えると耐衝撃性の改善効果が得難くなる。
- [0028] 本発明の半導体型3軸加速度センサでは、外部からかかる加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々はその両端が可撓幅広部上の最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設けられていることができる。
- [0029] 可撓幅広部長をでき得る限り小さくすることで、効果的に働く可撓腕の長さを確保し、出力が得られる。ピエゾ抵抗素子は変形したときの抵抗変化を測定するので初期の抵抗値を10(k Ω)以上とすることが、電気的処理をする上で好ましく、ほぼ80 μ mの長さである。可撓幅広部に生じる最大応力部にピエゾ抵抗素子の一端を合わせ、可撓幅広部長をでき得る限り小さくし、また、センサ素子そのものの小型化を考慮すると、ピエゾ抵抗素子は可撓幅広部と可撓平行部との境界である可撓平行部接続端を跨いで配置することが好ましい。
- [0030] しかし、X、Y、Z軸全てのピエゾ抵抗素子が可撓平行部接続端を跨ぐ必要はない。

最大応力部からピエゾ抵抗素子を離して、ピエゾ抵抗素子の出力を下げるができる。Z軸ピエゾ抵抗素子の出力は通常X軸ピエゾ抵抗素子の出力およびY軸ピエゾ抵抗素子の出力よりも大きいので、Z軸出力を下げてX, Y, Z軸間の出力差を小さくするために、Z軸ピエゾ抵抗素子の両端を最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設けることができる。例えば、Z軸ピエゾ抵抗素子のみを可撓平行部あるいは可撓幅広部内に設けることができる。

- [0031] 支持枠側Z軸ピエゾ抵抗素子と錘側Z軸ピエゾ抵抗素子とを異なった方向に最大応力部から外すことができる。しかし、支持枠側と錘側とのZ軸ピエゾ抵抗素子を同方向に最大応力部から外すことがZ軸ピエゾ抵抗素子をブリッジに組んだ時の、オフセット電圧等の発生を抑えやすいので好ましい。
- [0032] 本発明の半導体型3軸加速度センサでは、外部からかかった加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられていることができる。
- [0033] また、外部からかかった加速度の3軸成分のうち錘上面に垂直な軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線の上に設けられていることが好ましい。
- [0034] 可撓腕は長さ方向だけでなく幅方向にも撓み、幅方向の撓みは可撓腕の幅中心線を軸として生じるので、幅中心線上の応力が小さく可撓腕幅方向に幅中心線から離れるに従い応力が大きくなる。X軸／Y軸ピエゾ抵抗素子に比べて通常Z軸ピエゾ抵抗素子の出力が大きいため、Z軸ピエゾ抵抗素子の出力を下げてX, Y, Z軸間の出力差を小さくするために、幅中心線近傍にZ軸ピエゾ抵抗素子、幅中心線から可撓腕幅方向の外側にX軸あるいはY軸ピエゾ抵抗素子を配することが好ましい。
- [0035] X軸／Y軸ピエゾ抵抗素子を可撓腕幅方向の外側に配する場合、可撓腕の側端から少なくともピエゾ抵抗素子幅程度離して配置することが好ましい。側端に近付け過ぎると、ピエゾ抵抗素子と金属配線との接続が可撓平行部の側端に位置するために、要らぬ応力を発生させたり応力のバランスを崩すことがある。
- [0036] このように、X軸／Y軸ピエゾ抵抗素子を可撓腕の幅中心線から外して設け、Z軸ピ

エゾ抵抗素子を可撓腕の幅中心線上に設けるとともに、Z軸ピエゾ抵抗素子を幅中心線上で可撓幅広部上の最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設けると更にZ軸ピエゾ抵抗素子の出力を低くすることができる。

[0037] 本発明の半導体型3軸加速度センサにおいて、可撓腕上面上で幅中心線上にZ軸ピエゾ抵抗素子を配し、X軸およびY軸ピエゾ抵抗素子は、可撓腕上面上で幅中心線から可撓腕幅方向の外側に配されており、幅中心線に関して対称の位置にX軸およびY軸ピエゾ抵抗素子および金属配線等のダミーが設けられていることができる。

[0038] X, Y, Z軸ピエゾ抵抗素子の出力差を小さくするため、可撓腕上面上で幅中心線上にZ軸ピエゾ抵抗素子、可撓腕幅方向の外側にX軸ピエゾ抵抗素子を配すると、可撓腕上面上で幅中心線の片側だけにそれらピエゾ抵抗素子が偏って配されることになる。また、ピエゾ抵抗素子を繋ぐ金属配線等も偏って配置される。ピエゾ抵抗素子を可撓腕上面上で幅中心線から偏って配置すると、可撓腕の幅方向で外力によって生じる応力の発生が不均一になる。また、センサ温度が上がったとき、可撓腕を構成するシリコンや絶縁層、金属配線等の熱膨張率の違いにより、可撓腕に応力が発生することもある。そのため、可撓腕上面上で幅中心線に関して対称に部品を配置することが好ましい。幅中心線上にZ軸ピエゾ抵抗素子を配置して、X軸/Y軸ピエゾ抵抗素子を幅中心線からはずれて配置することができる。また、X, Y, Z軸すべてのピエゾ抵抗素子ともに幅中心線からはずれて配置することができる。幅中心線からはずれて配置したピエゾ抵抗素子は、幅中心線に関してその素子と対称なピエゾ抵抗素子を持つことが好ましい。幅中心線に関してその素子と対称に配置されたピエゾ抵抗素子として、その素子と同じものとすることができる。対称に同じ素子を配置する場合、必要とするピエゾ抵抗素子の1/2あるいは1/4の長さを持ったピエゾ抵抗素子片の2個あるいは4個を幅中心線に関して対称に可撓腕上面上に設けて、2個あるいは4個のピエゾ抵抗素子片の端同士を直列に配線して、必要とするピエゾ抵抗素子とすることができる。

[0039] このように各軸のピエゾ抵抗素子を、2分割もしくは4分割の偶数分割とすることが好ましい。偶数分割とすることで、それら分割されたピエゾ抵抗素子片の一端同士を

直線的な金属配線で接続でき、反対側の端は横方向に最短の距離で繋ぐことができる。奇数分割とするとこの様な簡単な接続はできず、一部を分割したピエゾ抵抗素子と略同じ長さの金属配線をピエゾ抵抗素子と並行に設ける必要が出てくる。製造上の理由から分割数を4分割までと限ることが好ましい。X、Z軸のピエゾ抵抗素子を持つ可撓腕では、4分割の場合8本のピエゾ抵抗素子片が、可撓腕の幅方向に並ぶことになる。加速度の出力を上げるため、ますます可撓腕の幅は小さくなる方向であるので、ピエゾ抵抗素子片の数を多くし過ぎると製造歩留りが下がるので好ましくない。

[0040] X、Y、Z軸ピエゾ抵抗素子は、ピエゾ抵抗素子の長さ方向に2もしくは4分割されており、2もしくは4分割された2個もしくは4個のピエゾ抵抗素子片を幅中心線に関して対称位置に配置することができる。その場合、Z軸ピエゾ抵抗素子片を幅中心線に近く設けて、X軸およびY軸ピエゾ抵抗素子片は、Z軸ピエゾ抵抗素子片から可撓腕幅方向の外側で、可撓腕長さ中心線に関して対称の位置に配されていることが好ましい。

[0041] X、Y軸ピエゾ抵抗素子に比べZ軸ピエゾ抵抗素子の出力を下げるため、Z軸ピエゾ抵抗素子は分割せずX、Y軸ピエゾ抵抗素子のみ分割することができる。Z軸ピエゾ抵抗素子は分割せず幅中心線上に配置し、X軸／Y軸ピエゾ抵抗素子は幅中心線に関して対称の位置に配置することができる。X軸ピエゾ抵抗素子の可撓腕接続端から遠い側の端を短絡する必要があるため、Z軸ピエゾ抵抗素子は可撓腕接続端側に極力ずらすことが良い。しかし、Z軸ピエゾ抵抗素子を可撓腕接続端側にずらしても、X軸ピエゾ抵抗素子を接続する金属配線等が長くなることは避け難いため、でき得る限りZ軸ピエゾ抵抗素子もX軸／Y軸ピエゾ抵抗素子と同じ長さになるように分割することが好ましい。X軸／Y軸ピエゾ抵抗素子は2分割、Z軸ピエゾ抵抗素子は4分割とすることもできる。

[0042] そこで、加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々をその両端が可撓幅広部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設けることができる。例えば、Z軸ピエゾ抵抗素子を最大応力部からずらすことで出力を下げるができる。分割されたZ軸ピエゾ抵抗素子片の一方を可撓腕接続端に近い側に他方を可撓腕接続端から遠い長さ中心線側にずらすこともできるが、Z軸ピエ

ゾ抵抗素子片を接続する配線が長くなることは避け難い。Z軸用ピエゾ抵抗素子片のずらす方向は、可撓腕接続端に近い側もしくは遠い側のいずれかに合わせることが好ましい。

- [0043] ピエゾ抵抗素子と金属配線を直接接続すると接触抵抗が大きくなり良好な接続が得られないが、高濃度拡散層を介することでピエゾ抵抗素子および金属配線の何れとも良好な接続が得られる。そのため、分割されたピエゾ抵抗素子の接続は、センサ端子—金属配線—高濃度拡散層—ピエゾ抵抗素子—高濃度拡散層—接続用金属配線—高濃度拡散層—ピエゾ抵抗素子—高濃度拡散層—金属配線—センサ端子となる。この接続用金属配線を高濃度拡散層で形成することで、ピエゾ抵抗素子と金属配線間にある、絶縁層に穴をあけるスルーホール形成が不要となる。可撓腕接続端から遠い側のピエゾ抵抗素子端をスルーホールを用いずに接続できることで、Z軸ピエゾ抵抗素子片とX軸ピエゾ抵抗素子片との配置ずれ量が設定し易くなるだけでなく、可撓平行部からスルーホールを無くすることができるので、可撓腕の変形時にノイズの原因となる形状による応力の発生を最小限にすることができる。高濃度拡散層は、シート抵抗値が小さく、応力に対しても抵抗変化が小さいことが求められるので、ピエゾ抵抗素子よりも3桁程度シリコンと異なる価数の元素の拡散濃度を高くする。高濃度拡散層を分割したピエゾ抵抗素子片の接続線と使用することで、製造工数を増やすことなく、ノイズの発生を少なくできるという効果が得られる。

- [0044] 上の説明では、ピエゾ抵抗素子片同士を幅中心線に関して対称に可撓腕上面上に設けていたが、対称に設けるピエゾ抵抗素子片としてダミー素子を用いることができる。配置するダミーは、X軸、Y軸ピエゾ抵抗素子片だけでなく、接続される金属配線、接続部位等を含んだものとするのが好ましい。ダミーの金属配線は素子端子に接続する必要がない。よって、ダミーのピエゾ抵抗素子や金属配線等の材質、幅、厚み等はでき得る限り、実際のピエゾ抵抗素子や金属配線等と同じとすることが好ましい。

発明の効果

- [0045] 本発明により、耐衝撃性が高く、X軸(Y軸)ピエゾ抵抗素子とZ軸ピエゾ抵抗素子との出力の差が小さく、小型で高感度、高出力の半導体型3軸加速度センサを提供す

ることができた。

図面の簡単な説明

- [0046] [図1]本発明に用いているセンサ素子の平面概略図である。
- [図2]本発明の加速度センサの分解斜視図である。
- [図3]本発明の加速度センサの断面図である。
- [図4]本発明で用いたセンサ素子の寸法関係を説明する図で、図4(A)はセンサ素子の平面図、図4(B)は可撓腕の拡大平面図、図4(C)は可撓腕の一部を示す断面図である。
- [図5]可撓幅広部の稜線の半径Rをパラメータとして、出力と最大応力部位置との関係を説明するグラフである。
- [図6]耐衝撃性と可撓幅広部長さL1との関係を示すグラフである。
- [図7]耐衝撃性、出力と $W2/W1$ との関係を示すグラフである。
- [図8]耐衝撃性、出力と $L2/L0$ との関係を示すグラフである。
- [図9]出力と幅中心線からの距離との関係を説明するグラフである。
- [図10]出力と基準位置からの距離 $L4$, $L4'$ との関係を説明するグラフである。
- [図11]ダミー素子、ダミー金属配線の配置を説明する可撓腕の拡大平面図である。
- [図12]2分割して直列接続したピエゾ抵抗素子片を説明するための可撓腕の拡大平面図である。
- [図13]Z軸ピエゾ抵抗素子片を可撓腕長さ方向にずらした実施例を説明する可撓腕の拡大平面図である。
- [図14]従来の加速度センサの分解斜視図である。
- [図15]従来のセンサ素子の平面模式図である。
- [図16]従来の加速度センサの断面図である。
- [図17]従来のセンサ素子の斜視図である。
- [図18]従来のセンサ素子の平面図と断面斜視図である。
- [図19]従来のセンサ素子の平面図と断面図である。
- [図20]出力と錘厚さとの関係を説明するグラフである。

符号の説明

- [0047] 1 加速度センサ
2 センサ素子
10 支持枠
11 錘
12 可撓腕
14 X軸ピエゾ抵抗素子
15 Y軸ピエゾ抵抗素子
16 Z軸ピエゾ抵抗素子
17 第一の接続端(可撓腕接続端)
28 第二の接続端(可撓平行部接続端)
29 (可撓腕の)幅中心線
30 (可撓腕の)長さ中心線
31 可撓幅広部
32 可撓平行部
発明を実施するための最良の形態

[0048] 以下、本発明の実施例について、図を用いて以下に詳細に説明する。説明を判り易くするため、同じ部品、部位には同一の符号を用いている。

[0049] 図1に本発明の実施例による加速度センサに用いているセンサ素子の平面概略図を示す。図2に加速度センサの分解斜視図、図3に加速度センサの断面図を示す。図1の平面図に示すように、センサ素子2はシリコン単結晶基板の周縁部に形成された支持枠10と中央部に形成された錘11とが、薄肉梁状の可撓腕12で接続されている。可撓腕12は可撓平行部32と可撓幅広部31とで構成している。可撓平行部32の両端に可撓幅広部31を設け、可撓腕で支持枠上面と錘上面とを接続している。可撓腕12が支持枠10および錘11に接続している部分を可撓腕接続端17と呼び、可撓平行部32が可撓幅広部31と接続している部分を可撓平行部接続端28と呼んでいる。X軸ピエゾ抵抗素子14とZ軸ピエゾ抵抗素子16とを同じ可撓腕12上面上に設け、Y軸ピエゾ抵抗素子15は別の可撓腕12上面上に設けた。Z軸ピエゾ抵抗素子16は可撓腕の幅中心線29上に、X軸ピエゾ抵抗素子14およびY軸ピエゾ抵抗素子15

は幅中心線29から可撓腕幅方向の外側に位置をずらして配置した。センサ素子2の断面形状は、図3から判るように、錘11及び支持枠10の上方側に可撓腕12を設けた。可撓腕の上面に各軸複数対のピエゾ抵抗素子と金属配線を設けた。しかしそれらの図示は図3では省略した。

[0050] 本発明の加速度センサ1を、図2の分解斜視図と図3の断面図を用いて説明する。センサ素子2は、保護ケース3内に $10\mu\text{m}$ 径の硬質プラスチック球を含有した接着剤33で固定した。センサ素子2の錘11の底面と保護ケース3の内底面との間隔 g は、硬質プラスチックの球径で規制され $10\mu\text{m}$ となっている。この間隔 g は、過度の加速度が加速度センサ1に加わった時に、錘11の動きを規制し可撓腕12の破損を防ぐ。センサ素子のセンサ端子6と保護ケースのケース端子7との間はワイヤー5で接続した。ワイヤー5は $25\mu\text{m}$ 径の金の裸線を超音波ボンディングでセンサ端子6とケース端子7とに熔接した。センサ素子の上に $10\mu\text{m}$ 径の硬質プラスチック球を含有した接着剤33で規制板9を固定した。規制板9として 0.2mm 厚の青板ガラスを用いた。規制板9と錘11との間隔 g' も、錘の過度の動きをその間隔 g' に規制し可撓腕の破損を防ぐ。保護ケース3に保護ケース蓋4を、エポキシ系の接着剤34で固定して加速度センサ1を組み立てた。

[0051] 図4(A)、(B)、(C)に、本発明の以下の実験で用いたセンサ素子の主な寸法を示す。センサ素子2の外寸 $W7$ は $2000\mu\text{m}$ 、支持枠10の幅 $W8$ は $250\mu\text{m}$ 、錘11の幅 $W6$ は $700\mu\text{m}$ とした。可撓腕12の可撓平行部32の幅 $W2$ は $75\mu\text{m}$ 、可撓幅広部31の可撓腕接続端における幅 $W1$ は検討寸法であり実験で変化させている。可撓腕12の長さ $L0$ は $400\mu\text{m}$ 、可撓幅広部31の長さ $L1$ は検討寸法であり実験で変化させている。ピエゾ抵抗素子14(15, 16)の幅は $4\mu\text{m}$ とし、長さ $L5$ は $80\mu\text{m}$ とした。可撓腕接続端17からピエゾ抵抗素子14(15, 16)の端部までの距離(最大応力部) $L3$ は検討寸法であり実験で変化させている。可撓腕の厚み $h1$ は $6\mu\text{m}$ で、支持枠10および錘11の厚み $h0$ は約 $632\mu\text{m}$ とした。特に、断わりの無い限り、本実施例ではこれら寸法のセンサ素子を用いている。

[0052] センサ素子2の製造方法を簡単に説明する。 $625\mu\text{m}$ 厚のシリコン板に $1\mu\text{m}$ 程度のシリコン酸化層と $6\mu\text{m}$ のシリコン層の積層構造を有するSOI(Silicon on Insulat

or)ウェファァーを使用した。フォトレジストでパターニングを行い、シリコン層にボロンを $1\sim 3\times 10^{19}$ 原子/cm³打ち込みピエゾ抵抗素子を作製した。高濃度拡散層はシリコン層にボロンを $1\sim 3\times 10^{21}$ 原子/cm³打ち込んだ。ピエゾ抵抗素子を外部のイオンから保護するためと、シリコンとアルミ配線、電極の絶縁を確保するために、0.2～0.5 μm厚に酸化シリコンの絶縁層を形成した。ピエゾ抵抗素子に接続するアルミ配線と電極、可撓腕等を、フォトレジストのパターニングとスパッタリング成膜装置、ドライエッチング装置等を用いて形成した。SOIウェファァーのシリコン酸化層がエッチングストップパーとなるため、エッチングされるのはシリコン層のみである。ピエゾ抵抗素子面側を下にして、熱伝導の高い金属粉末を樹脂に混練したものをを用いて、ダミー基板に接着した。SOIウェファァーのシリコン板部分の625 μmをドライエッチングするには、SF₆と酸素を導入したプラズマ内で長時間行うため、被加工物の冷却が重要であり、熱伝導の良い接着剤で放熱性の高いダミー基板に接着している。ドライエッチングされるのはシリコンのみなので、シリコン板はエッチングされるが、シリコン酸化層は残っている。ダミー基板に付けたまま弗酸溶液に漬け、シリコン酸化層を化学エッチングで除去した。可撓腕と錘、支持棒が形成されたSOIウェファァーがダミー基板に接着された状態で、切断砥石を使って加速度センサ素子のチップに分離した後、溶剤で接着剤を除去し加速度センサ素子単体を得た。

実験1

- [0053] 可撓幅広部稜線の半径Rをパラメータとして出力と最大応力部の位置(L3)との関係を図5のグラフに示す。図5では、可撓幅広部31の稜線が1/4円弧となっている場合を示している。稜線を直線や非円弧としたものも同じ様な傾向だったので、代表として1/4円弧の場合を示した。図5で半径R=0 μmは可撓幅広部31がない形状で、可撓平行部32のみの従来のセンサ素子である。従来のセンサ素子の最大応力部がL3=0 μmとなった可撓腕接続端17にあり、その位置にピエゾ抵抗素子14(15, 16)の一端を設けた時の出力を100%とした。半径Rを20、50、80 μmと変化させ、最大応力部を示す位置(L3)を求めた。また、ピエゾ抵抗素子出力を測定し、R=0 μmの最大応力部の出力に対する比を求めた。出力は3Gの加速度をZ軸方向に加えて測定した。

- [0054] 図5から判るように、可撓腕接続端17から半径Rの略半分の距離の位置に最大応力部L3が生じ、出力も半径Rが大きくなるに従い低下している。最大応力部L3が半径Rの略半分の位置にあることは、可撓幅広部内に最大応力部があることを意味しており、可撓幅広部は可撓腕として扱えることが確認できた。半径Rが大きくなるに従い出力が低下しているのは、半径Rが大きくなると可撓幅広部が撓み難くなることを表している。詳細は省略したが、稜線を直線で結んだ形状や釣鐘状の形状では、L3はより大きくなり出力の低下も大きかった。半径Rの中心をずらした円弧で、可撓平行部接続端28近傍での変化は少なく可撓腕接続端17近傍で急激に変化する形状が、L3を小さくし出力の低下を小さくできることが判った。

実験2

- [0055] 可撓幅広部を設けることで耐衝撃性が向上することを説明する。図6に、可撓幅広部の稜線を1/4円弧(R)あるいは直線で形成し、円弧の場合はその半径Rを0から70 μ m程度まで、直線では角度 θ を45度一定とし、可撓腕接続端17と可撓平行部接続端28と間の距離(可撓幅広部長L1)を0から45 μ m程度まで変えて耐衝撃性の変化をグラフに示している。各20個の加速度センサを作製し、耐衝撃性試験を行った。耐衝撃性試験には振子式衝撃試験機を使用し、衝撃作用時間は0.2msecに固定し、1000Gから5000Gまで100G間隔で測定した。方向による耐衝撃性の違いが考えられるため、本実験においては1条件につきXYZ各軸正負両方向の計6方向について3回ずつ、計18回の衝撃を印加した。耐衝撃性試験の後、加振器で3Gの加速度を加え、出力が出るか否かで判断し、出力が出ない加速度センサは破壊したと判定した。20個の加速度センサの内1個でも破損したと判断された加速度値(KG)を、その試料グループの持つ耐衝撃性値とした。
- [0056] 図6のL1=0である可撓幅広部を持たない従来のセンサ素子では、800G程度の耐衝撃性であった。可撓幅広部長さL1を20 μ m程度とすることで耐衝撃性は、3000G以上が得られることが確認できた。100mm厚の木板に1mの高さから加速度センサを自然落下させた時に加わる衝撃値は1500〜2000Gであることから、3000Gは携帯装置に搭載する加速度センサとしては十分な耐衝撃性を有していると言える。可撓幅広部長さが同じの場合、稜線の形が直線の方が耐衝撃性は上がっているの

は、円弧に比べ可撓平行部接続端近傍での可撓腕幅が大きいと思われる。

実験3

[0057] 図7(A)に、可撓平行部32の幅 $W2$ の可撓腕接続端17のところでの可撓幅広部の幅 $W1$ に対する比 $W2/W1$ と、耐衝撃性(KG)と出力(%)との関係を示している。可撓平行部32の幅 $W2$ は $75\mu\text{m}$ で一定とし、幅広部31の稜線を、図7(B)凡例に示すように、半径 R の $1/4$ 円弧(記号■、□で表示)、直線(記号●、○で表示)、可撓腕接続端近傍で急激に形状が変化する山型(記号▲、△で表示)、可撓平行部接続端近傍で急激に形状が変化する釣鐘型(記号◆、◇で表示)と変えた。これらの稜線を持った加速度センサ試料を各20個製作し、耐衝撃性は実験2と同様の評価方法を用いた。出力は加振器で3Gの加速度を加え、 $W2/W1=1$ つまり、可撓幅広部を持たない従来の加速度センサの出力を100%として、 $W2/W1$ を変えた各幅広部を持った加速度センサ20個の出力平均値を図7(A)のグラフにプロットしている。全体傾向として、 $W2/W1$ の値が大きくなるに従い耐衝撃性は低下しているが、出力は増加している。また、可撓平行部接続端28近傍で可撓腕12が太くなる釣鐘型形状は耐衝撃性で、可撓腕接続端17の近傍で可撓腕12が太くなる山型形状では、出力の点で有利である。これらの結果から、加速度センサに求められる耐衝撃値や出力値の観点から、可撓幅広部の寸法や形状を選ぶことができることが確かめられた。

[0058] $W2/W1$ の値が、0.6より大きいと3000G以上の耐衝撃性を得難くなり、0.2より小さくなると出力の低下が35%以上になるので好ましくない。これらから、 $W2/W1$ の値は、0.2以上0.6以下が良いことが確認できた。

実験4

[0059] 図8(A)に、可撓平行部32の長さ $L2$ の可撓腕12の全長 $L0$ に対する比 $L2/L0$ を変えたときの、耐衝撃性と出力をグラフにして示している。図8(B)に示す可撓腕の平面図において、可撓腕12の全長 $L0$ を $400\mu\text{m}$ で一定とし、可撓腕接続端における可撓幅広部31の幅を $160\mu\text{m}$ で一定として、可撓幅広部稜線の傾斜 θ を変えて可撓平行部32の長さ $L2$ を変化させた。データを取りやり易くするため稜線は直線とした。稜線の傾斜 θ を変えて可撓平行部32の長さ $L2$ を変化させた試料について、それぞれの長さについて試料を各20個製作し、耐衝撃性は実験2と同様の評価方法

を用いた。出力は、加振器で3Gの $L2/L0=1$ つまり、可撓幅広部を持たない従来のセンサ素子の出力を100%として、20個の出力平均値を図8(A)のグラフにプロットしている。

- [0060] $L2/L0$ の値が、0.9より大きいと3000G以上の耐衝撃性が得難くなり、0.4より小さくなると出力の低下が35%以上になるので好ましくない。これらから、 $L2/L0$ の値は、0.4以上0.9以下が良いことが確認できた。

実験5

- [0061] ピエゾ抵抗素子の可撓幅中心線からの距離と出力の関係について、図9のグラフを用いて説明する。幅中心線から $5\mu\text{m}$ ピッチで $25\mu\text{m}$ までピエゾ抵抗素子の位置を変えて出力を測定した。可撓幅広部の稜線は半径 $R40\mu\text{m}$ の $1/4$ 円弧とし、可撓腕接続端から $30\mu\text{m}$ 離れた位置にピエゾ抵抗素子の一端が位置するようにしてそこから可撓平行部接続端を跨いで可撓平行部上にピエゾ抵抗素子を配置した。加振器で3Gの加速度を与え、ピエゾ抵抗素子が幅中心線上に在る時の出力を100%とし、各々の位置での20個の出力平均値を百分率で表した。
- [0062] 幅中心線から離れるに従い出力は増加し、ピエゾ抵抗素子を幅中心線から $25\mu\text{m}$ 離すと出力を約9%高くすることができた。Z軸ピエゾ抵抗素子はX軸ピエゾ抵抗素子に比べ出力が高いため、X軸ピエゾ抵抗素子の出力を上げるか、Z軸ピエゾ抵抗素子の出力を下げてZ軸ピエゾ抵抗素子とX軸(Y軸)ピエゾ抵抗素子との出力差を少なくすることが望ましい。Z軸ピエゾ抵抗素子の出力を下げる、つまり性能を落としてX軸ピエゾ抵抗素子のレベルと同じにすることは比較的容易であるが、これでは加速度センサの性能を低下させることになる。可撓腕上面上で幅中心線上にZ軸ピエゾ抵抗素子を形成して、X軸ピエゾ抵抗素子を可撓腕上面上で幅中心線から離れた位置に形成することで、Z軸ピエゾ抵抗素子の出力を下げずにX軸ピエゾ抵抗素子の出力を上げることができ、加速度センサの性能をより向上させることができた。

実験6

- [0063] 可撓腕長さ中心線30からの距離を変えて可撓腕上面上にピエゾ抵抗素子14(15, 16)を設けた場合、ピエゾ抵抗素子の出力と基準位置からの距離 $L4$ 、 $L4'$ の関係について、図10を用いて説明する。可撓腕12の幅中心線29上で最大応力部にピ

エゾ抵抗素子の一端を位置させて、そこから可撓平行部接続端を跨いで可撓腕上に配置されたピエゾ抵抗素子を基準として、ピエゾ抵抗素子を可撓腕接続端17側(L4')と可撓腕長さ中心線30側(L4)とに100 μ m以内まで位置を変えた時の出力の関係である。可撓幅広部31の稜線は半径R50 μ mの1/4円弧とし、ピエゾ抵抗素子の長さを80 μ mとした。加振器で3Gの加速度を与え、ピエゾ抵抗素子14(15, 16)が可撓腕12の幅中心線29上でかつピエゾ抵抗素子の一端が最大応力部に在る時の出力を100%とし、最大応力部から離れた位置に設けたピエゾ抵抗素子について、各位置で20個の出力平均値を百分率で表した。

[0064] 基準となるピエゾ抵抗素子の位置から、可撓腕接続端17側(L4')と可撓腕長さ中心線30側(L4)にピエゾ抵抗素子14(15, 16)がずれるに従い出力は低下し、100 μ m程度ずれると出力は約25%低下した。可撓腕接続端17側(L4')にずれた位置にあるピエゾ抵抗素子と同じ距離だけ長さ中心線30側(L4)にずれた位置にあるピエゾ抵抗素子との出力の差は数%であったので図10ではL4方向とL4'方向で符合は変えていない。図9のグラフに関して幅中心線29から可撓腕の幅方向外側にX軸ピエゾ抵抗素子を配置することで、X軸ピエゾ抵抗素子の出力を約9%上げることが可能と説明した。Z軸ピエゾ抵抗素子を幅中心線上で、最大応力部から100 μ mずらすことで約25%出力を下げるができる。これらを組み合わせることで、X軸ピエゾ抵抗素子の出力を変えずX軸ピエゾ抵抗素子とZ軸ピエゾ抵抗素子の出力差を約35%縮めることができることが確かめられた。

[0065] 可撓腕上面上でZ軸ピエゾ抵抗素子は幅中心線29上、X、Y軸のピエゾ抵抗素子は幅中心線29から可撓腕12の幅方向に離して配置することが、各軸の出力差を小さくする上で有効であることを図9のグラフに関して説明した。図9のグラフで説明した可撓腕上でのピエゾ抵抗素子と金属配線との配置を、図11(A)にZ軸ピエゾ抵抗素子16とX軸ピエゾ抵抗素子14、図11(C)にY軸ピエゾ抵抗素子15をそれぞれ図示している。図11(A)、図11(C)とも、図で幅中心線29より下側にはピエゾ抵抗素子14, 15, 16と金属配線37があるが、上側は無い。図4(C)の断面図に示したように、可撓腕はシリコンと絶縁層36との上に金属配線37が積層された構造をしている。つまり、図11(A)、図11(C)とも、図で幅中心線29より下側は、シリコンと絶縁層と金属

配線37の3層構造を持つが、上側はシリコンと絶縁層との2層構造となっている。この様に可撓腕の幅中心線29を境に、積層構成が異なると撓み易さ等に微妙な差が生じる。また、センサ素子の温度が上がった場合、これら構成部材の熱膨張係数の違いにより可撓腕に不要な応力が発生し、ノイズ成分が増加することになる。

[0066] 図9に関連して説明した可撓腕上でのピエゾ抵抗素子と金属配線との配置(図11(A)、図11(C))を更に改善した配置をここでは説明する。ダミーX軸ピエゾ抵抗素子39と2本のダミー金属配線38とを幅中心線29に関してX軸ピエゾ抵抗素子14と金属配線37との対称位置に設けて図11(B)に示す構成とする。ダミーを形成することで、幅中心線29の上下で同じ構成とすることができ、幅中心線29の両側での可撓腕の撓み具合や熱による不要な応力の発生を抑えることができる。ピエゾ抵抗素子のダミーには、絶縁層に形成したスルーホールをも含む。Y軸ピエゾ抵抗素子15については、図11(D)に示すように、ダミーY軸ピエゾ抵抗素子40とダミー金属配線38とを幅中心線29に関してY軸ピエゾ抵抗素子15と金属配線37とに対称に設けることができる。また、図11(E)に示すように、ダミーZ軸ピエゾ抵抗素子41やダミー金属配線38を追加することもできる。図11(E)は実質的に図11(B)と同じ構成である。出力特性に対するダミーの効果についての詳細な説明は省略するが、オフセット電圧やオフセット電圧の温度特性が良くなっている。出力特性の改善以外に、可撓腕の幅中心線29に関して対称の形状とすることで、フォトリソや製膜、エッチング作業の安定性が増し、寸法精度が向上すると言う効果も得られた。

[0067] 本発明の更なる他の実施例として、図12(A)と(B)に、ピエゾ抵抗素子を2分割して直列配置した可撓腕の拡大平面図を示す。図12(A)はX、Z軸ピエゾ抵抗素子を持ったX軸可撓腕で、図12(B)はY軸ピエゾ抵抗素子を持ったY軸可撓腕である。本実施例以前で用いていた80 μ mの長さのピエゾ抵抗素子を、40 μ m長と半分のピエゾ抵抗素子片2本に分割し、幅中心線29を挟んで配置した。可撓腕接続端17側の一端は最大応力部に位置させ、長さ中心線30側の端部は高濃度拡散層42でピエゾ抵抗素子片が直列になるように接続した。Z軸ピエゾ抵抗素子片16'、16''は幅中心線29に近く、X、Y軸ピエゾ抵抗素子14'、14''、15'、15''は幅中心線29から離し幅中心線29に関して対称位置に配置することで、X、Y軸ピエゾ抵抗

素子の出力を上げるようにした。

- [0068] ピエゾ抵抗素子を分割して直列配置する効果について簡単に述べる。分割して直列に接続したため分割前とピエゾ抵抗素子の電気抵抗は同じなため消費電力の増加はない。分割した本数のピエゾ抵抗素子片の端部を最大応力部に配置することができるので、出力を約15%増加させることができた。ピエゾ抵抗素子を分割して幅中心線29に対称配置することで、幅中心線29の上下で同じ構成とすることができるので、ダミーのピエゾ抵抗素子や金属配線を設けたのと同等の効果が得られた。
- [0069] 図13に、ピエゾ抵抗素子を分割して直列配置した構成で、Z軸ピエゾ抵抗素子片16'、16''を可撓腕長さ方向にずらして出力を下げた例を示す。図13(A)はZ軸ピエゾ抵抗素子片16'、16''を長さ中心線30側にずらしたもので、図13(B)は可撓腕接続端17側にずらしたものの、図13(C)は長さ中心線30側と可撓腕接続端17側とに分けて配置したものである。長さ中心線30側と可撓腕接続端17側との何れにずらすかは、適宜決めれば良い。図13(B)は、X軸ピエゾ抵抗素子片14'、14''の長さ中心線30側にある端を直列に接続する高濃度拡散層42の長さを短くできるので、好ましい。

請求の範囲

- [1] 中央にあつて、外部からの加速度がかかる錘と、
錘を支持するための支持枠と、
錘と支持枠との間で、両端にある2つの第一の接続端のそれぞれにおいて錘上面と支持枠上面とを連結している少なくとも1つの薄肉梁状の可撓腕と、
可撓腕上面上で可撓腕上面に沿って可撓腕長さ方向に並べて設けられ、加速度の3軸成分のうち各軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子と、
可撓腕上面上で前記複数のピエゾ抵抗素子端の間を接続している配線とを有し、
可撓腕は、両端にそれぞれ第二の接続端を有し実質的に一様な幅を持っている可撓平行部と、可撓平行部の第二の接続端の1つと支持枠／錘との第一の接続端との間を連結するとともに、可撓平行部の第二の接続端から第一の接続端に向かって幅が次第に広がっている2つの可撓幅広部とからなっており、
可撓腕上面上に設けられた前記複数のピエゾ抵抗素子のそれぞれはその可撓腕の第一の接続端から離れて配置されているとともに、
前記加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は第二の接続端を跨いで可撓幅広部から可撓平行部に亘って延びている
半導体型3軸加速度センサ。
- [2] 可撓腕は、可撓幅広部上にその可撓腕の最大応力部を持ち、
前記加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々はピエゾ抵抗素子の一端を可撓幅広部上の最大応力部に位置しており、最大応力部から第二の接続端を跨いで可撓平行部に亘って延びている
請求項1記載の半導体型3軸加速度センサ。
- [3] 可撓幅広部はその上面の両側端に連続した曲線もしくは直線からなる稜線を持ち、両側端の稜線は可撓腕の幅中心線に関して互いに対称となっている
請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。
- [4] 可撓部幅広部の第一の接続端のところで可撓腕の幅 $W1$ に対する可撓平行部の幅 $W2$ の比 $W2/W1$ が0.2以上0.6以下である

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [5] 可撓腕の全長 L_0 に対する可撓平行部長 L_2 の比 L_2/L_0 が0.4以上0.9以下である

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [6] 前記加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々はその両端が可撓幅広部上の最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設けられている

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [7] 前記加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられている

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [8] 前記加速度の3軸成分のうち錘上面に垂直な軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線の上に設けられている

請求項7記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [9] 前記加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々はその両端が可撓幅広部上の最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設けられている

請求項8記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [10] 可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられているピエゾ抵抗素子の各々は、可撓腕上面上で幅中心線に関して対称に設けられた他のピエゾ抵抗素子を持っている

請求項7記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [11] 前記加速度の3軸成分のうち錘上面に垂直な軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線の上に設けられている

請求項10記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [12] 可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられているピエゾ抵抗素子の各々と、そのピエゾ抵抗素子に対して可撓腕上面上で幅中

心線に関して対称に設けられた前記他のピエゾ抵抗素子とは、配線で直列に接続されている

請求項10記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [13] 可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられているピエゾ抵抗素子の各々と、そのピエゾ抵抗素子に対して可撓腕上面上で幅中心線に関して対称に設けられた前記他のピエゾ抵抗素子とは、それらピエゾ抵抗素子の可撓腕の長さ中心線側にある端同士が高濃度拡散層で直列に接続されている
請求項12記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [14] 前記加速度の3軸成分のうち垂直な軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々が、前記加速度の3軸成分のうち他の軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子よりも可撓腕の幅中心線に近い位置に設けられている
請求項12記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [15] 前記加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々はその両端が可撓幅広部上の最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設けられている
請求項10記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [16] 前記他のピエゾ抵抗素子がダミー素子であるとともに、そのダミー素子はダミー配線で接続されている
請求項10記載の半導体型3軸加速度センサ。

補正書の請求の範囲

[2005年6月10日(10.06.05)国際事務局受理 : 出願当初の請求の範囲]

1、2及び7は補正された；出願当初の請求の範囲6、9及び15は取り下げられた；
他の請求の範囲は変更なし。(3頁)]

- [1] (補正後) 中央にあつて、外部からの加速度がかかる錘と、
錘を支持するための支持棒と、
錘と支持棒との間で、両端にある2つの第一の接続端のそれぞれにおいて錘上面と
支持棒上面とを連結している少なくとも1つの薄肉梁状の可撓腕と、
可撓腕上面上で可撓腕上面に沿って可撓腕長さ方向に並べて設けられ、加速度の
3軸成分のうち各軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子と、
可撓腕上面上で前記複数のピエゾ抵抗素子端の間を接続している配線とを有し、
可撓腕は、両端にそれぞれ第二の接続端を有し実質的に一様な幅を持っている可
撓平行部と、可撓平行部の第二の接続端の1つと支持棒／錘との第一の接続端との
間を連結するとともに、可撓平行部の第二の接続端から第一の接続端に向かって幅
が次第に広がっている2つの可撓幅広部とからなっており、可撓幅広部上にその可
撓腕の最大応力部を持ち、
可撓腕上面上に設けられた前記複数のピエゾ抵抗素子のそれぞれはその可撓腕の
第一の接続端から離れて配置されているとともに、
前記加速度の3軸成分のうち少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗
素子の各々は可撓幅広部上の最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置
に設けられていて、
前記加速度の3軸成分のうち他の少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ
抵抗素子の各々はピエゾ抵抗素子の一端を可撓幅広部上の最大応力部に位置して
いて、最大応力部から第二の接続端を跨いで可撓幅広部から可撓平行部に亘って
延びている
半導体型3軸加速度センサ。
- [2] (補正後) 可撓幅広部上の最大応力部から可撓腕の長さ方向にはずれた位置に設
けられている複数のピエゾ抵抗素子は前記加速度の3軸成分のうち錘上面に垂直な
軸成分を測定するためのものである
請求項1記載の半導体型3軸加速度センサ。
- [3] 可撓幅広部はその上面の両側端に連続した曲線もしくは直線からなる稜線を持ち

、両側端の稜線は可撓腕の幅中心線に関して互いに対称となっている

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [4] 可撓部幅広部の第一の接続端のところでの可撓腕の幅 $W1$ に対する可撓平行部の幅 $W2$ の比 $W2/W1$ が 0.2 以上 0.6 以下である

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [5] 可撓腕の全長 $L0$ に対する可撓平行部長 $L2$ の比 $L2/L0$ が 0.4 以上 0.9 以下である

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [6] (削除)

- [7] (補正後) 前記加速度の3軸成分のうち前記他の少なくとも1軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられている

請求項2記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [8] 前記加速度の3軸成分のうち鍾上面に垂直な軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線の上に設けられている

請求項7記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [9] (削除)

- [10] 可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられているピエゾ抵抗素子の各々は、可撓腕上面上で幅中心線に関して対称に設けられた他のピエゾ抵抗素子を持っている

請求項7記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [11] 前記加速度の3軸成分のうち鍾上面に垂直な軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々は可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線の上に設けられている

請求項10記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [12] 可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられているピエゾ抵抗素子の各々と、そのピエゾ抵抗素子に対して可撓腕上面上で幅中心線に関して対称に設けられた前記他のピエゾ抵抗素子とは、配線で直列に接続されている

請求項10記載の半導体型3軸加速度センサ。

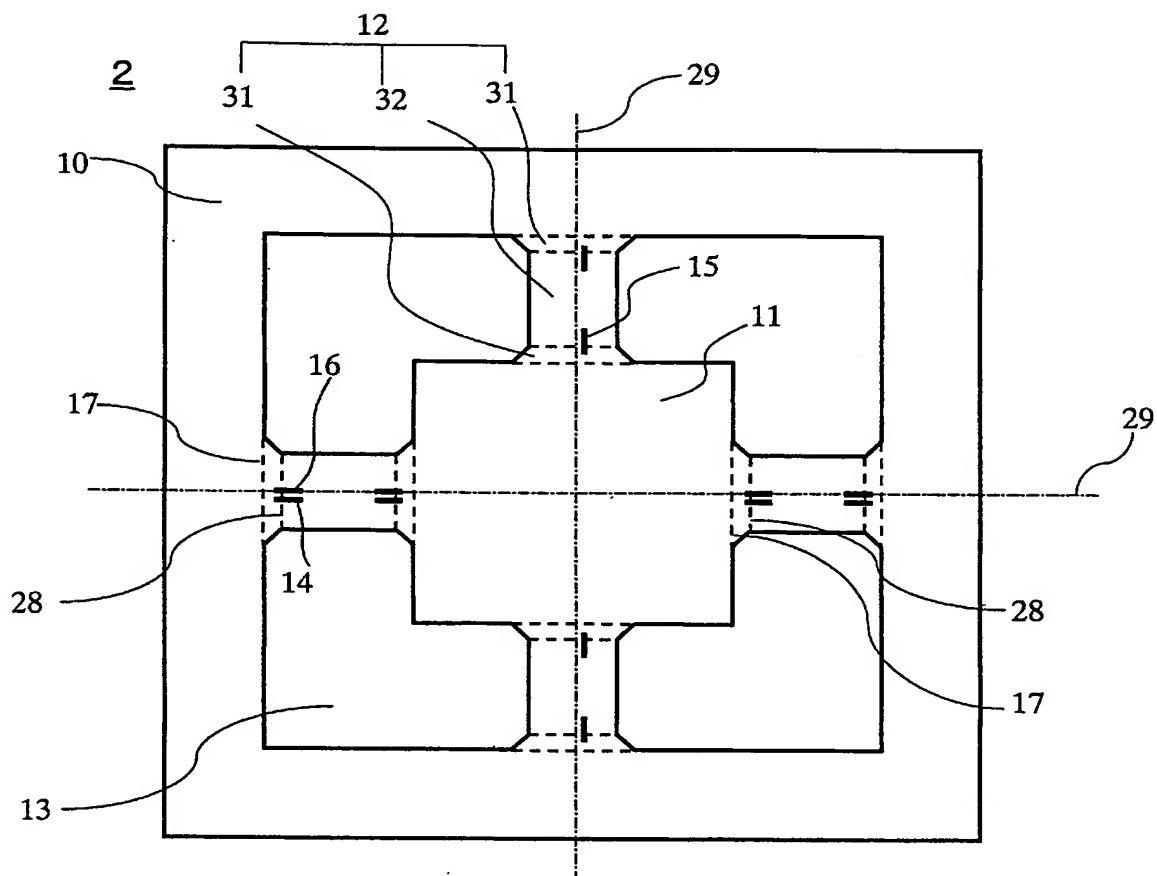
- [13] 可撓腕上面上で可撓腕の幅中心線から可撓腕の側端にはずれた位置に設けられているピエゾ抵抗素子の各々と、そのピエゾ抵抗素子に対して可撓腕上面上で幅中心線に関して対称に設けられた前記他のピエゾ抵抗素子とは、それらピエゾ抵抗素子の可撓腕の長さ中心線側にある端同士が高濃度拡散層で直列に接続されている請求項12記載の半導体型3軸加速度センサ。

- [14] 前記加速度の3軸成分のうち錘上面に垂直な軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子の各々が、前記加速度の3軸成分のうち他の軸成分を測定するための複数のピエゾ抵抗素子よりも可撓腕の幅中心線に近い位置に設けられている請求項12記載の半導体型3軸加速度センサ。

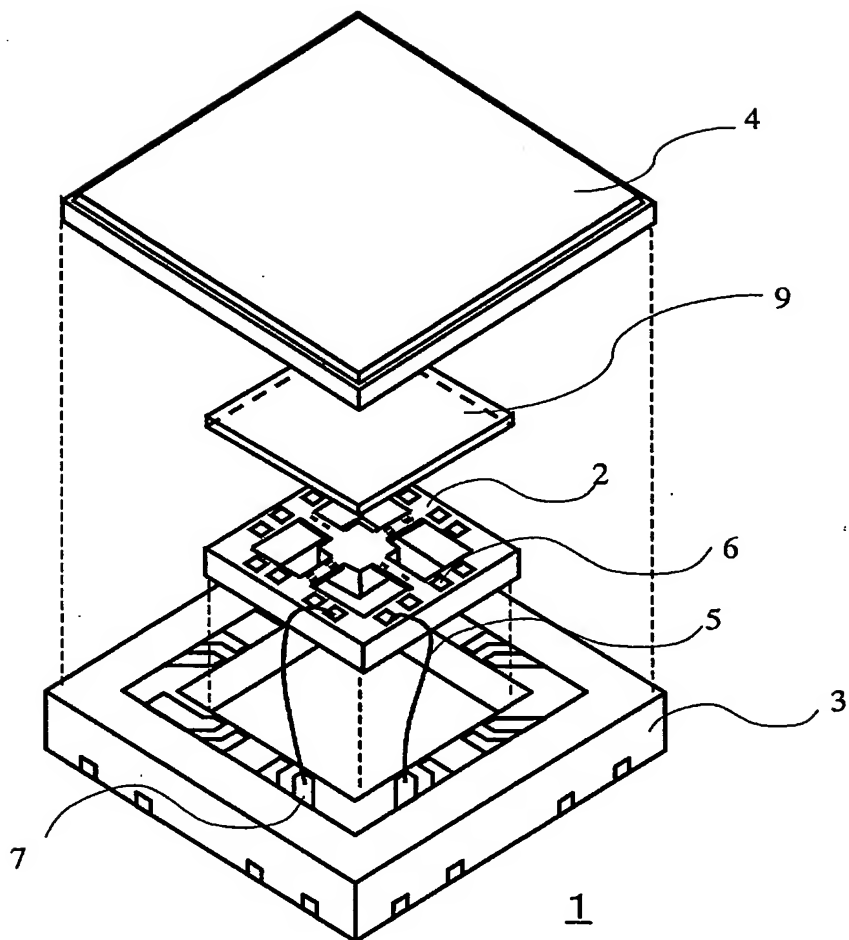
- [15] (削除)

- [16] 前記他のピエゾ抵抗素子がダミー素子であるとともに、そのダミー素子はダミー配線で接続されている請求項10記載の半導体型3軸加速度センサ。

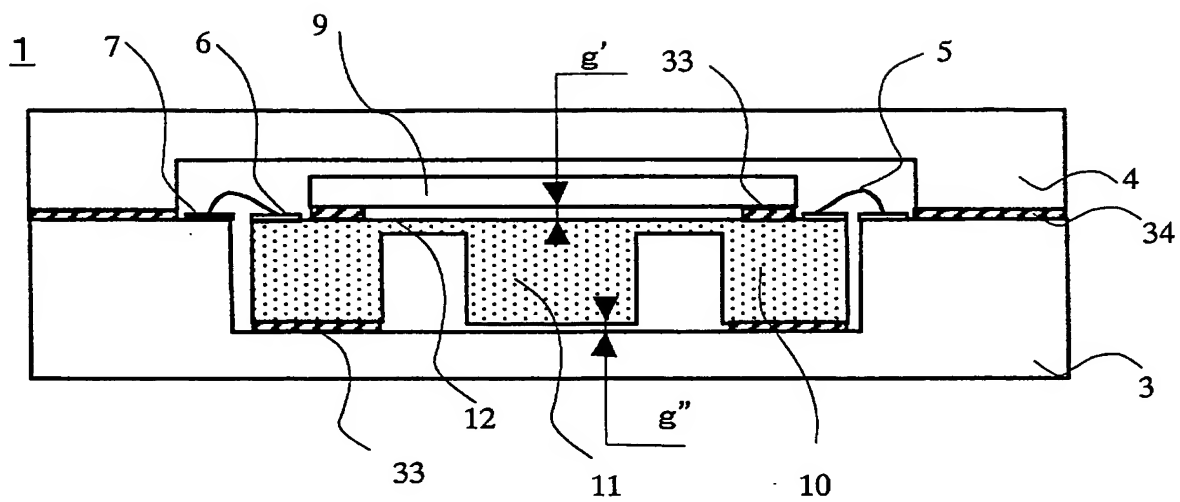
[図1]



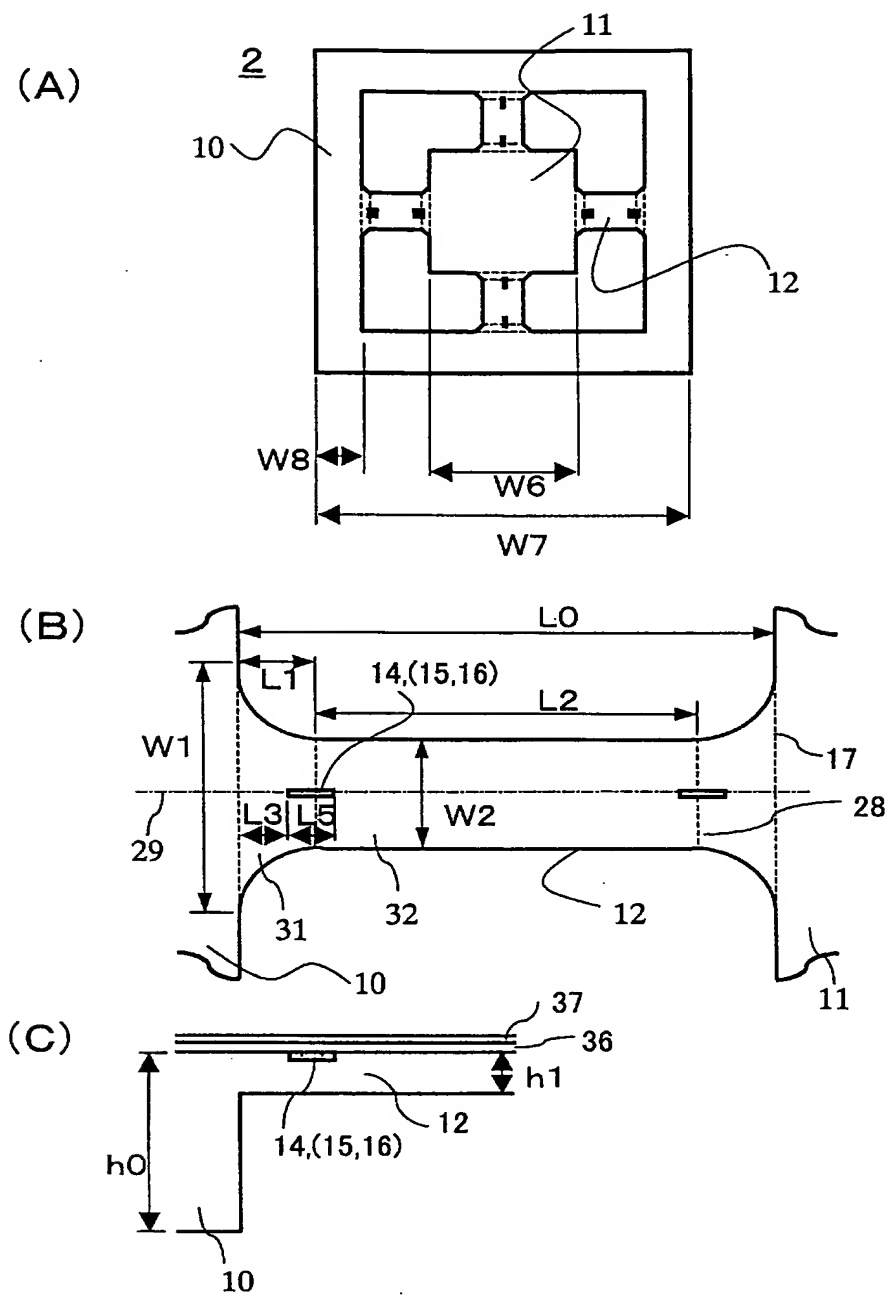
[図2]



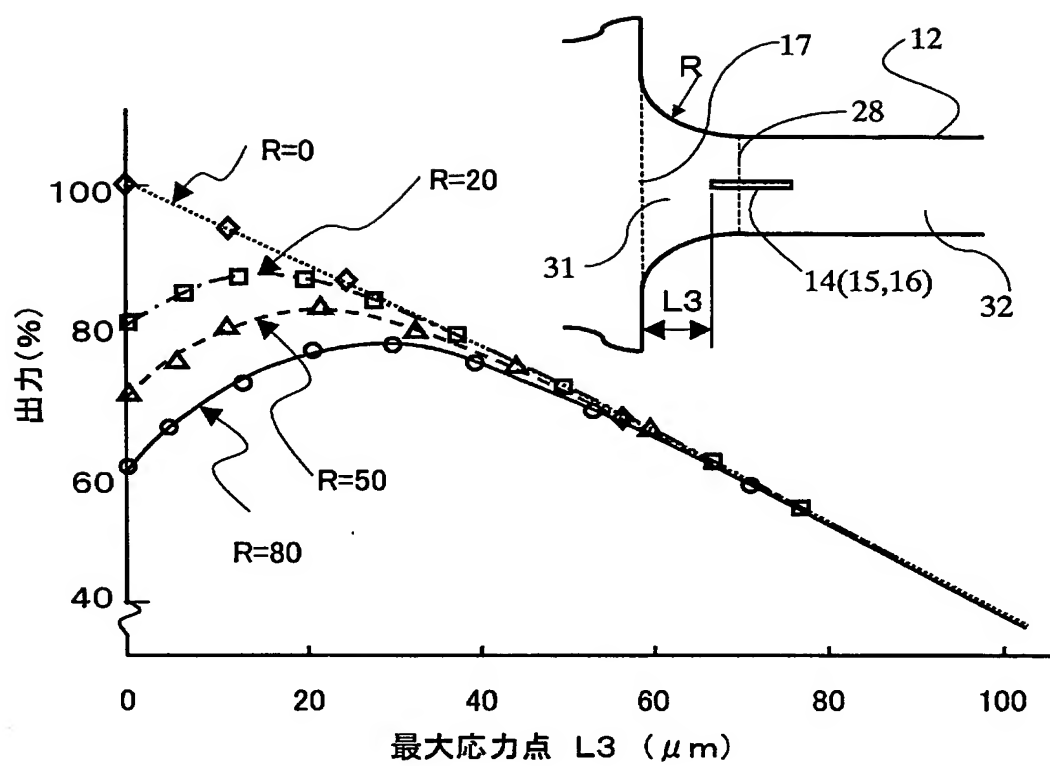
[図3]



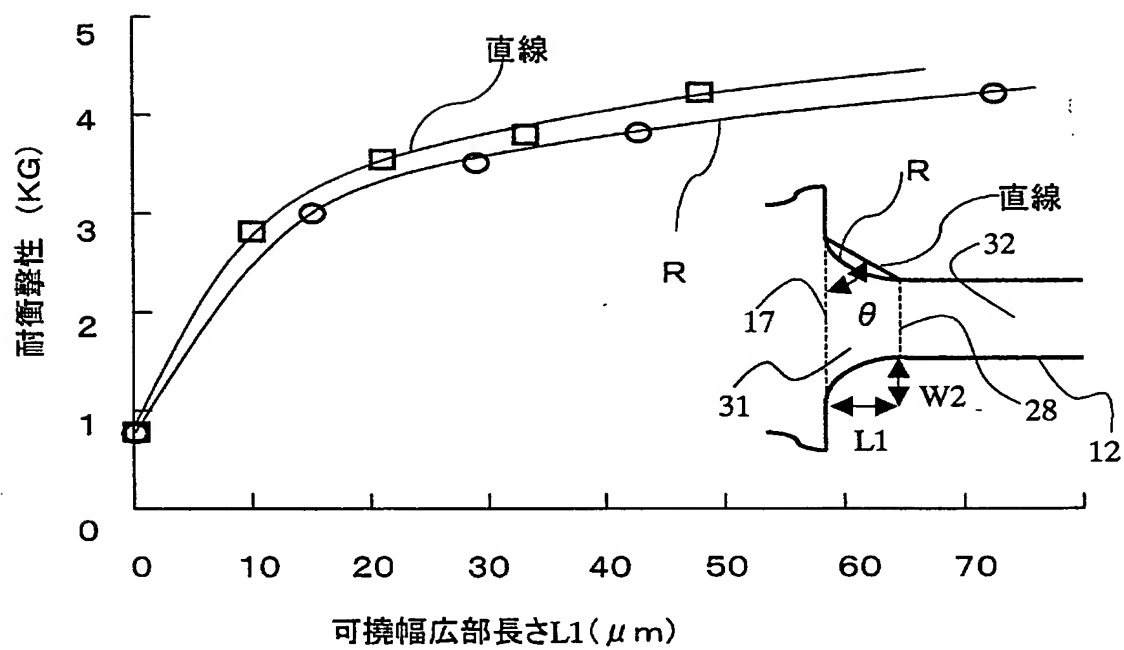
[図4]



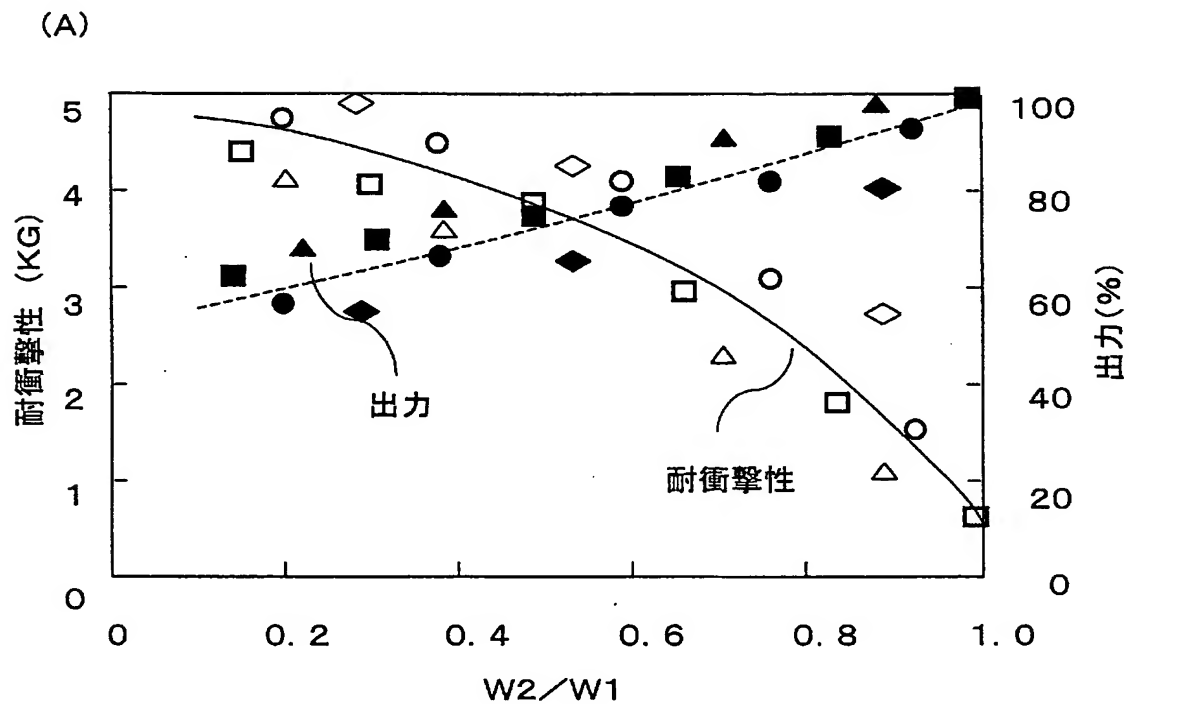
[図5]



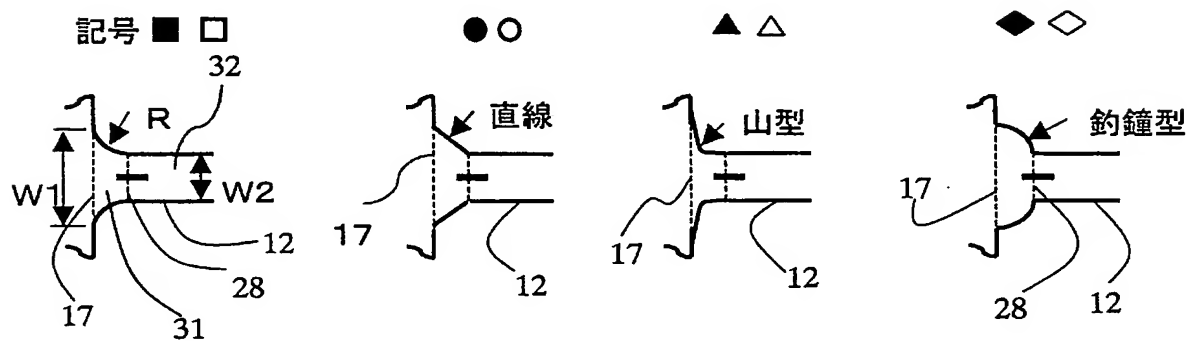
[図6]



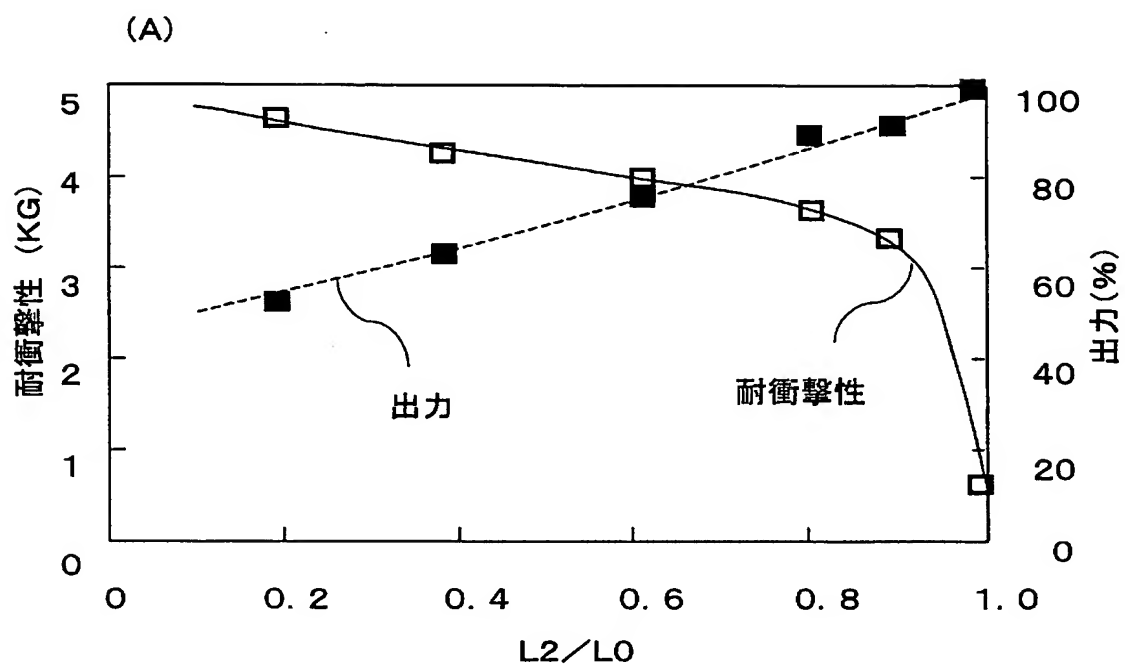
[図7]



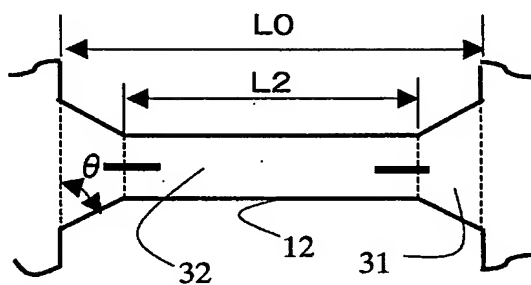
(B) 凡例



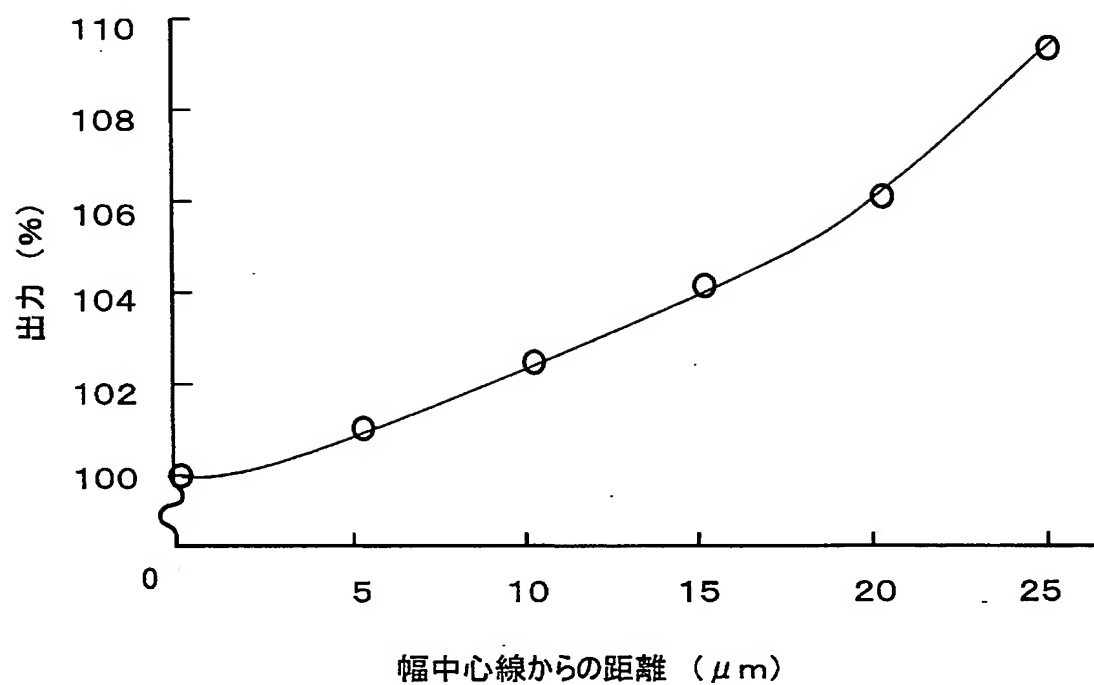
[図8]



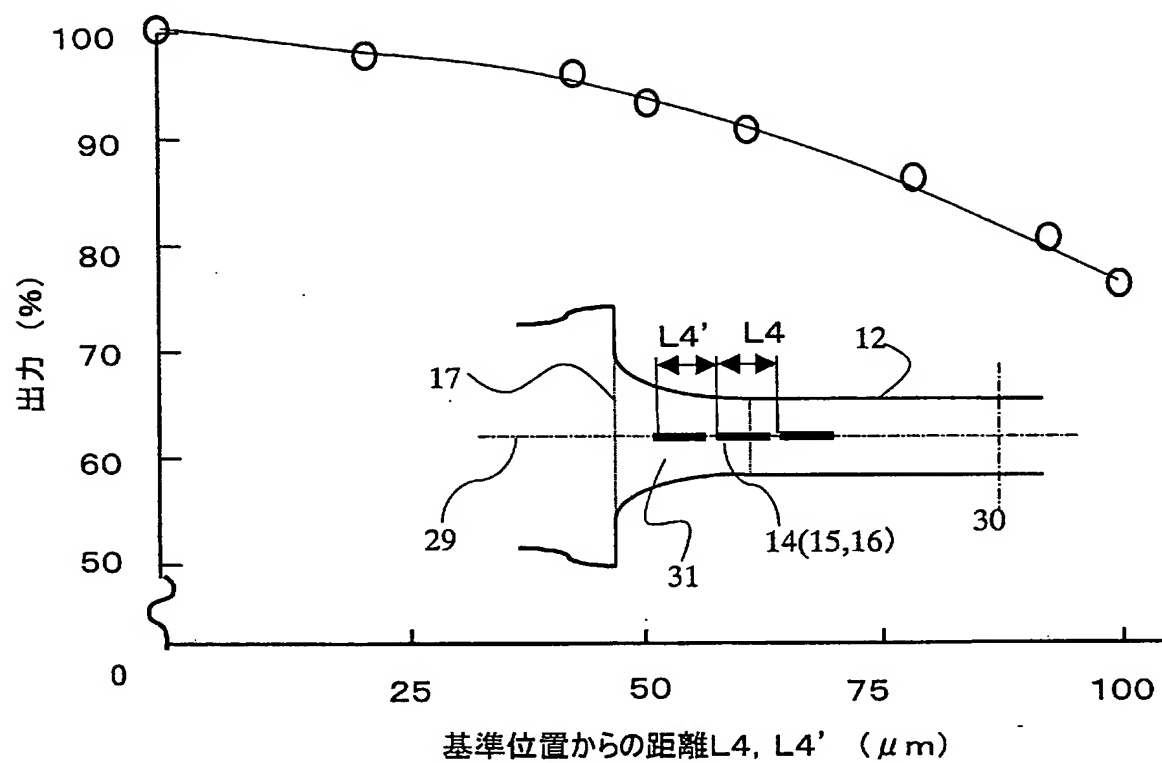
(B)



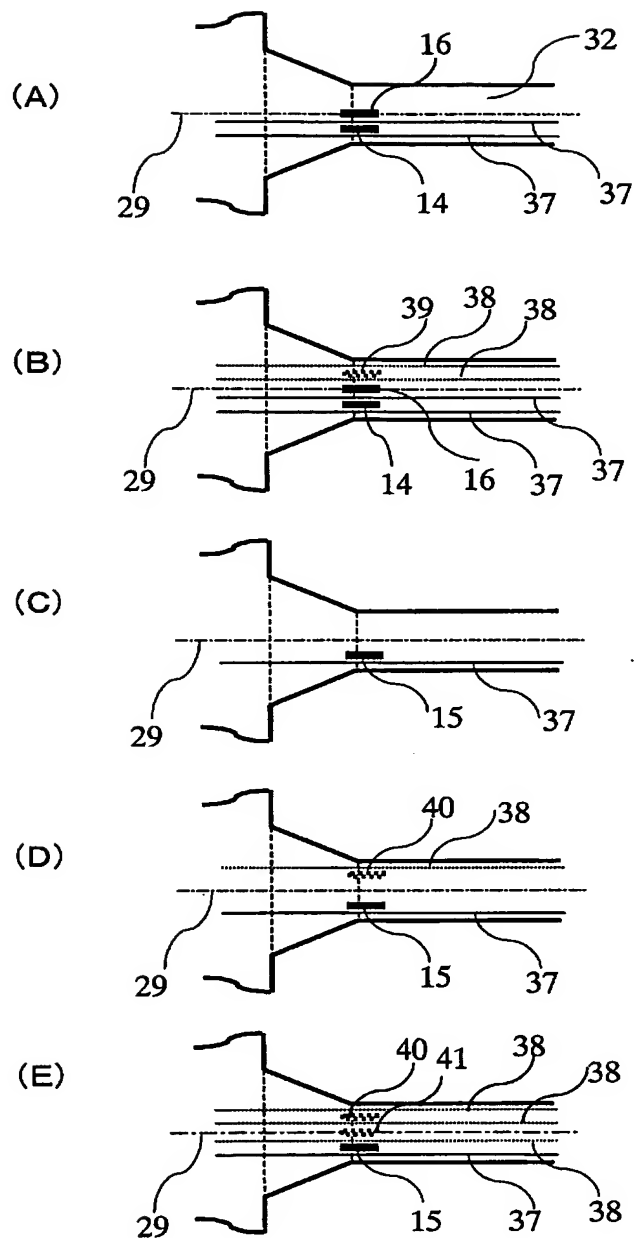
[図9]



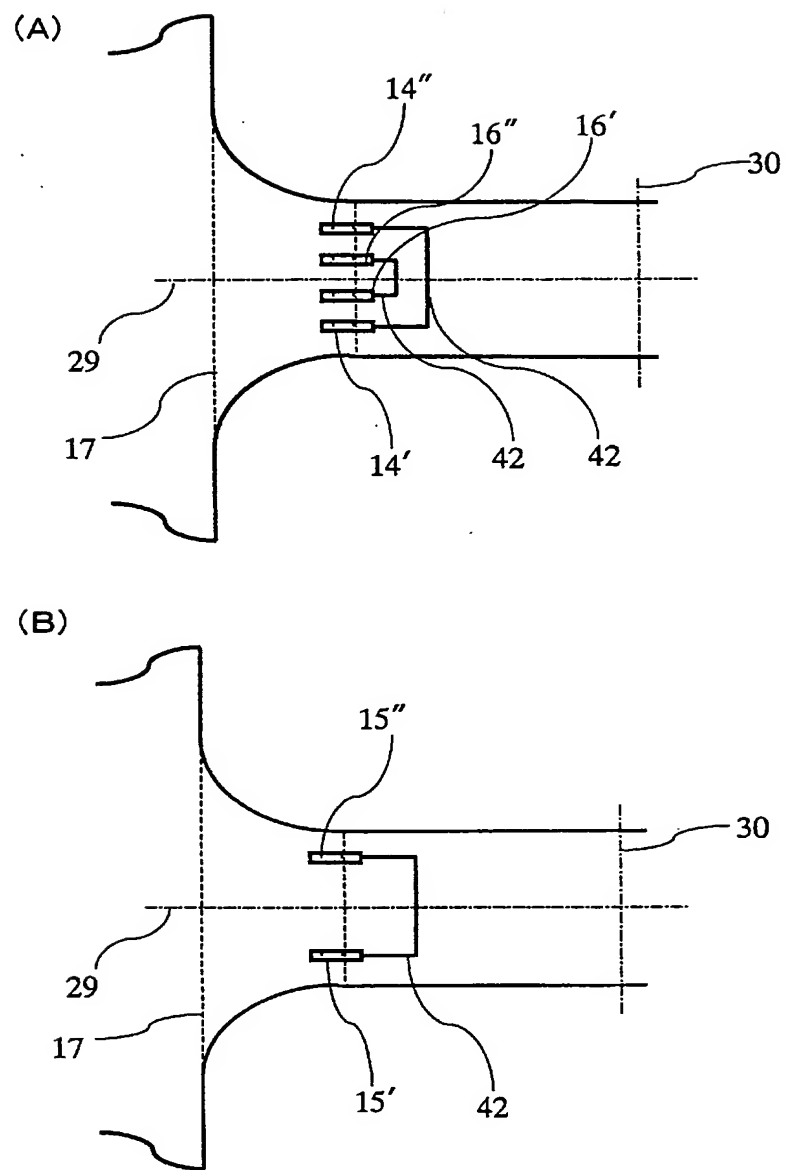
[図10]



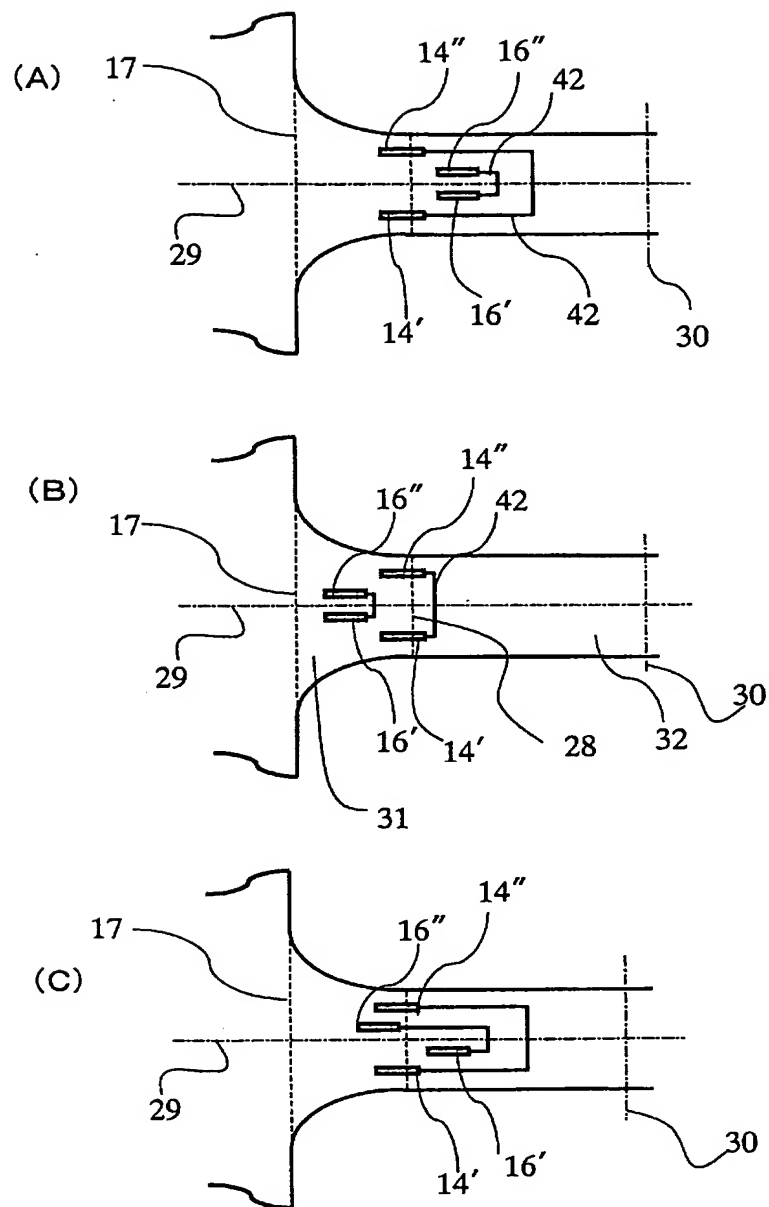
[図11]



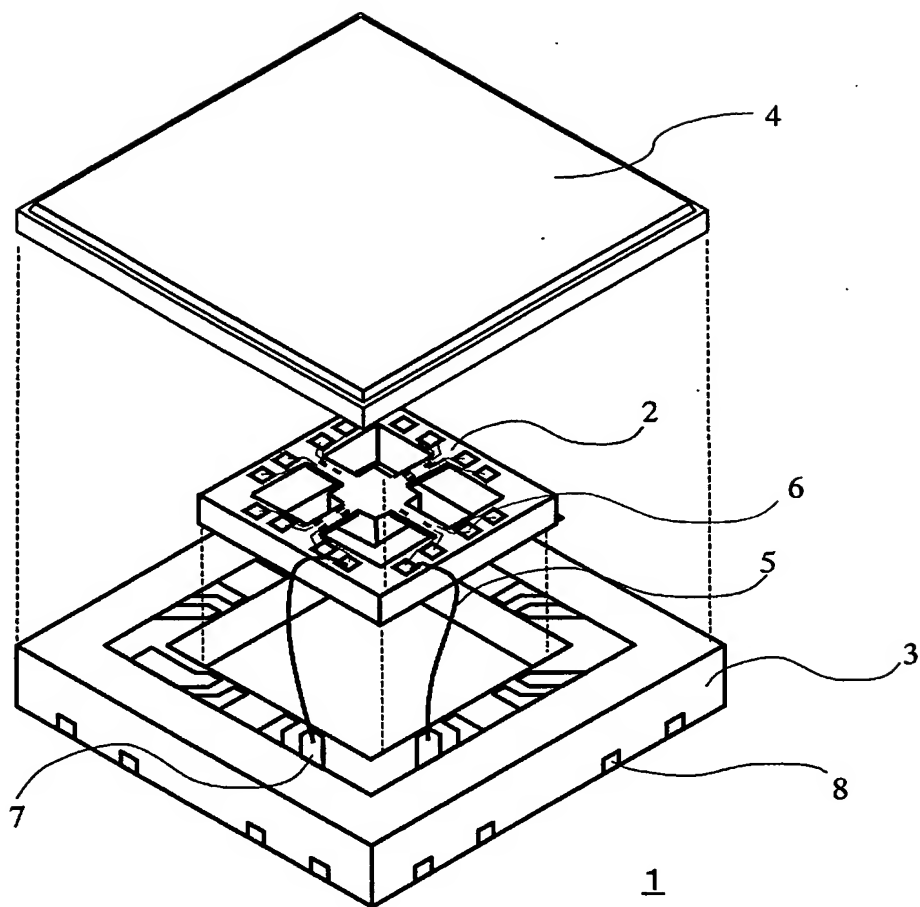
[図12]



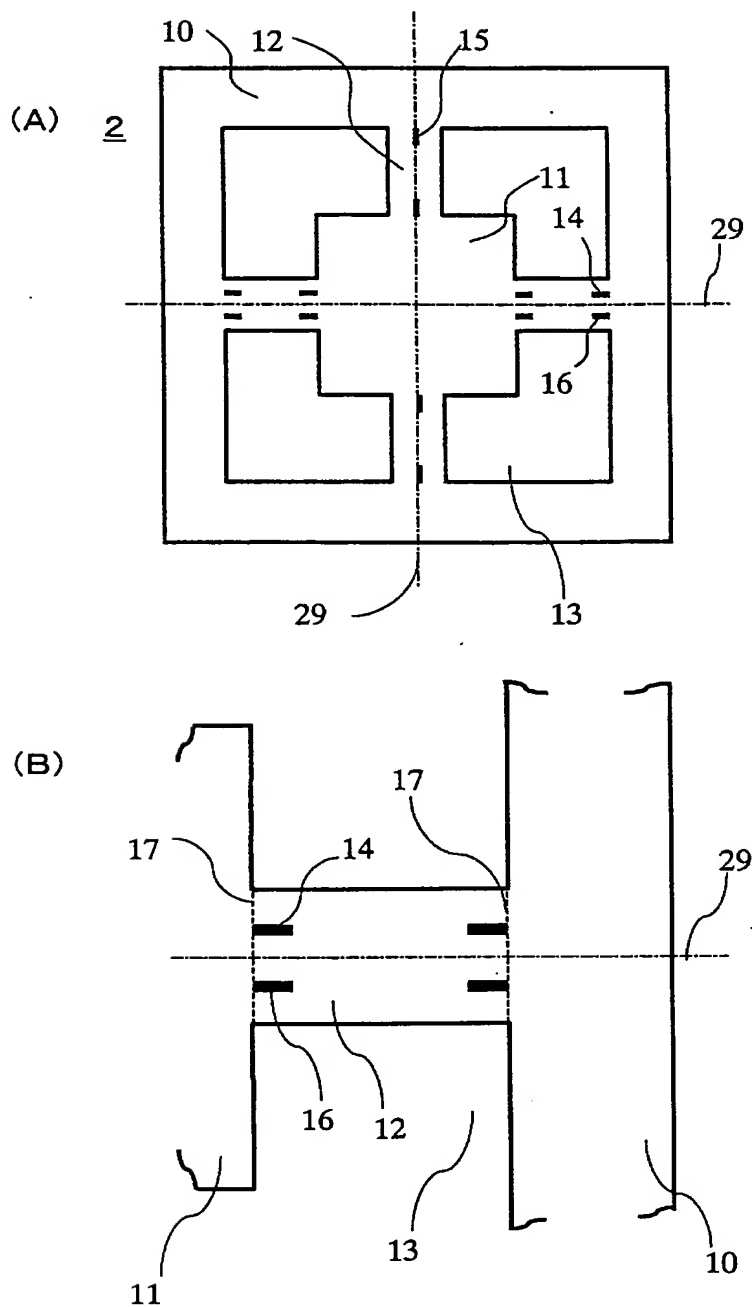
[図13]



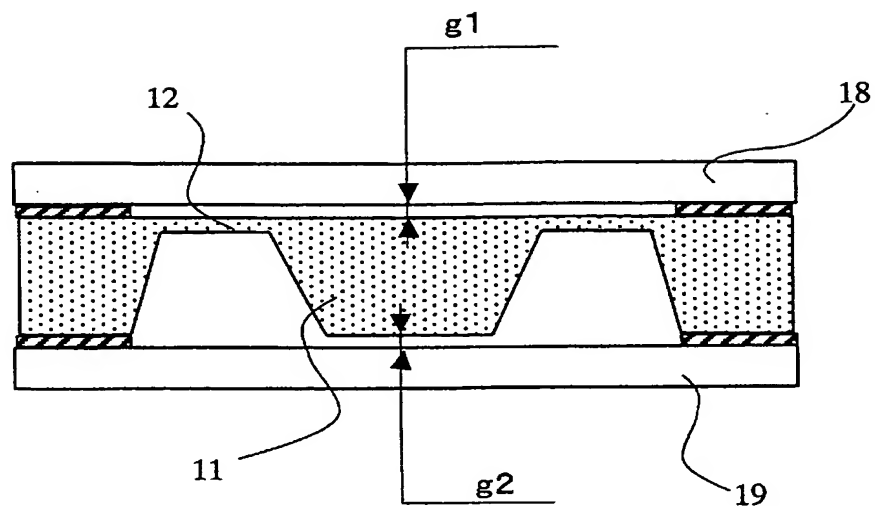
[図14]



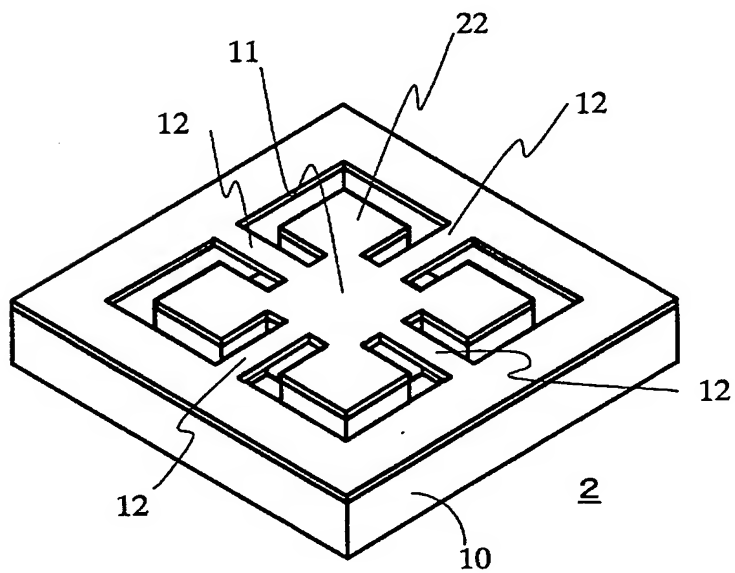
[図15]



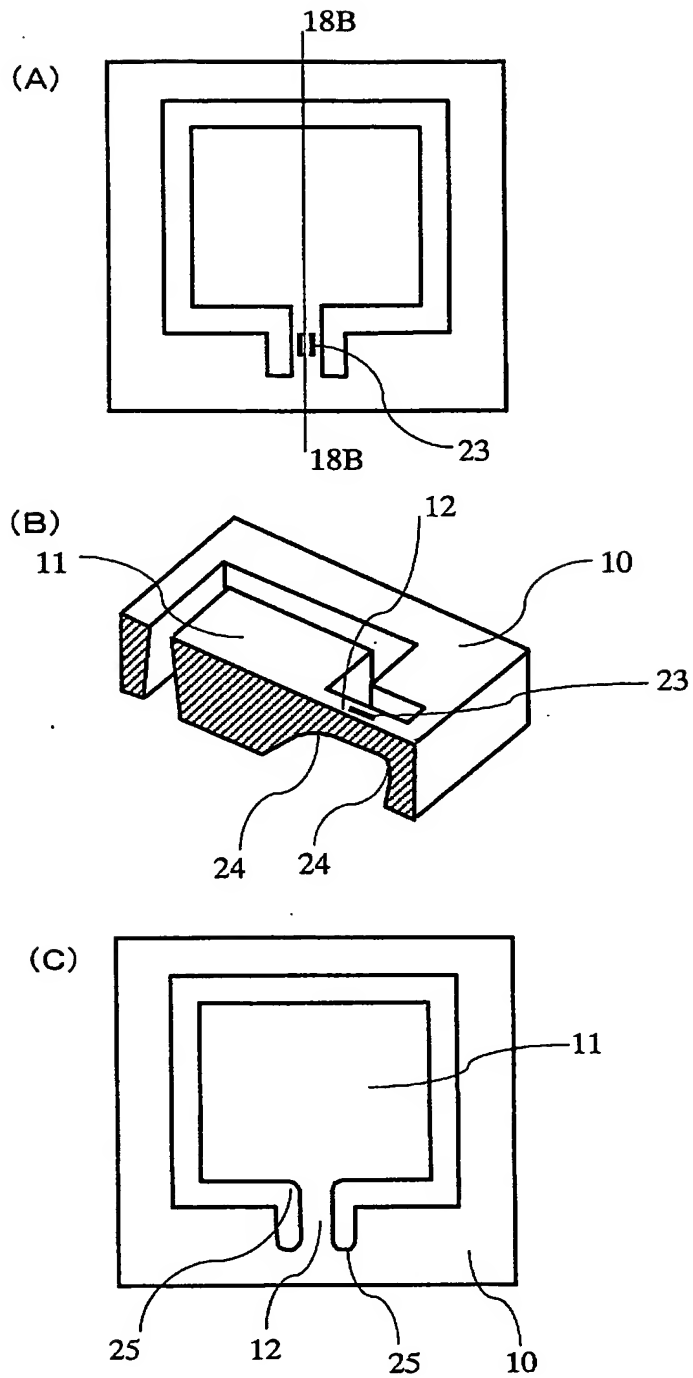
[図16]



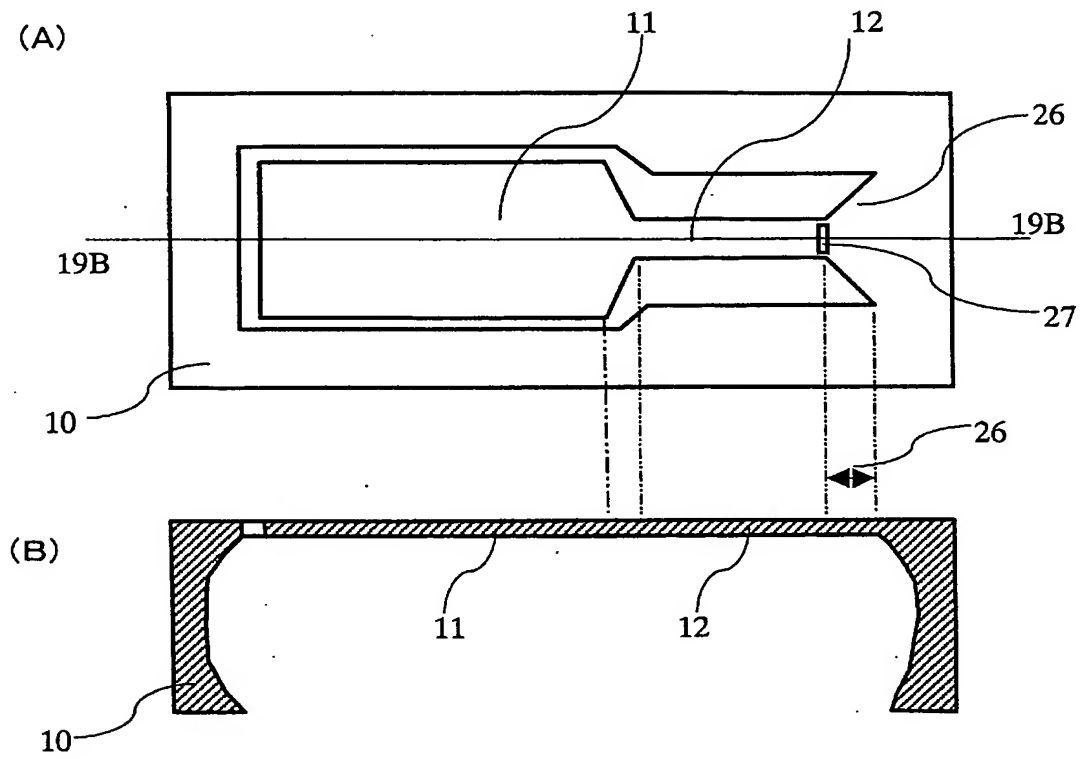
[図17]



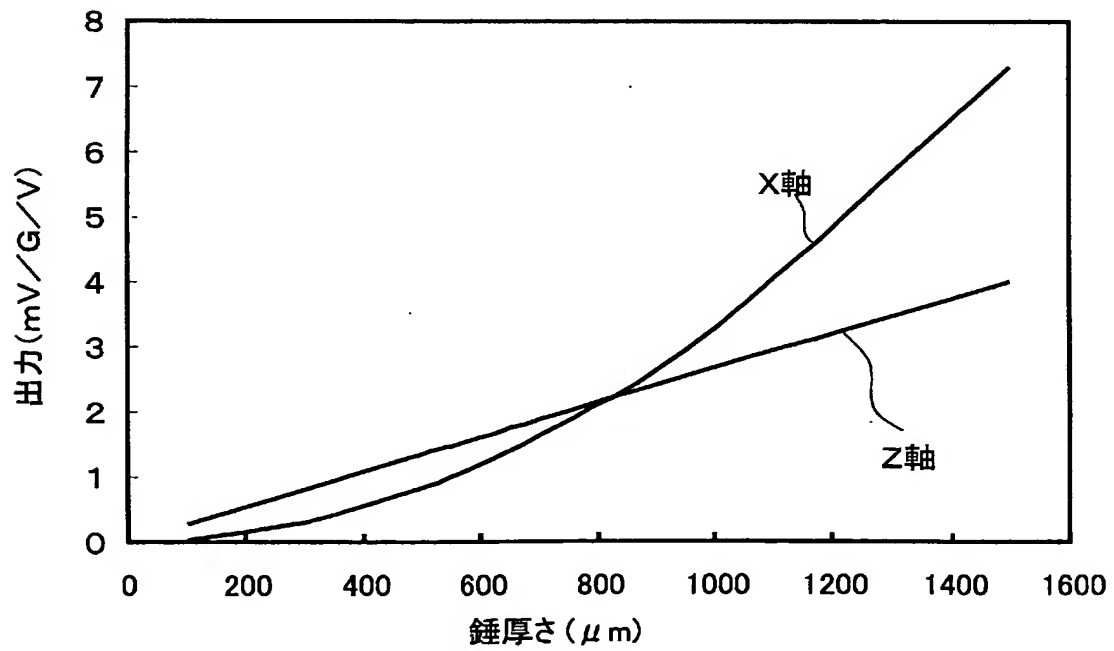
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019326

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01P15/12, 15/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01P15/12, 15/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5635629 A (Nippondenso Co., Ltd.), 03 June, 1997 (03.06.97), Fig. 18 & JP 6-294813 A & US 5507182 A	1-16
Y	JP 8-29446 A (Honda Motor Co., Ltd.), 02 February, 1996 (02.02.96), Full text (Family: none)	1-16
Y	JP 2003-232803 A (Hitachi Metals, Ltd.), 22 August, 2003 (22.08.03), Full text & US 2003/150269 A & EP 1335206 A	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 April, 2005 (04.04.05)

Date of mailing of the international search report
19 April, 2005 (19.04.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019326

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-62976 A (Nippon Seiki Co., Ltd.), 27 February, 1992 (27.02.92), Full text (Family: none)	10,16
A	JP 4-301770 A (Texas Instruments Inc.), 26 October, 1992 (26.10.92), Full text & US 5412986 A & EP 492986 A & DE 69111038 C	1-16
A	JP 2003-156509 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 30 May, 2003 (30.05.03), Full text (Family: none)	1-16

BEST AVAILABLE COPY

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01P15/12, 15/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01P15/12, 15/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 5635629 A (Nippondenso Co., Ltd.) 1997, 0 6. 03, FIG. 18 & JP 6-294813 A & US 5507182 A	1-16
Y	JP 8-29446 A (本田技研工業株式会社) 1996. 0 2. 02, 全文 (ファミリーなし)	1-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 04. 2005

国際調査報告の発送日

19. 4. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

越川 康弘

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2 F

9605

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-232803 A (日立金属株式会社) 2003. 08. 22, 全文 & US 2003/150269 A & EP 133520 6 A	1-16
Y	JP 4-62976 A (日本精機株式会社) 1992. 02. 27, 全文 (ファミリーなし)	10, 16
A	JP 4-301770 A (テキサス インストルメンツ イン コーポレイテッド) 1992. 10. 26, 全文 & US 5412986 A & EP 492986 A & DE 69111038 C	1-16
A	JP 2003-156509 A (松下電工株式会社) 2003. 05. 30, 全文 (ファミリーなし)	1-16